39.82.1
О-31
26965т

Е. В. ОВЕЧНИКОВ

ТРАМВАЙНЫЕ ПУТИ

ИЗДАТЕЛЬСТВО МИНИСТЕРСТВА
КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА РСФСР
1947

ВОЗВРАТИТЕ КНИГУ НЕ ПОЗЖЕ
обозначенного здесь срока

РУ № 20 на базе ТЛ-2. Зак. № 2012

625.14'46
625.14:625.76
0240-31
39.82.1
О-31

Инж. Е. В. ОВЕЧНИКОВ

ТРАМВАЙНЫЕ ПУТИ

Под редакцией инж. В. Г. СОСЯНЦ

Допущено Всесоюзным Комитетом по делам высшей школы при СНК СССР в качестве учебника для электромеханических техникумов системы НККХ РСФСР

ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА
№ 26965
Лентрамвай

ИЗДАТЕЛЬСТВО
МИНИСТЕРСТВА КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА РСФСР

Москва 1947 Ленинград

Выдано в каталог

ижного состава [1]
роений и габа-
итами смежных
ля безопасного
ожных колеба-
сов и не угро-
правностей по-

ой эксплоатации
риг. 1. Помимо

наименьшая высота
подвески провода
под искусств. соор

чий к пути.

ти до предель-
ых расстояний
на нормальная
аименьшее рас-

женных вблизи
елы габаритов
ирины нового
ых.

менее 3800 мм

поперечное пре-
помещаться при
равный трамвай-
при совмещении
пути.

Книга содержит сведения: о назначении путей, устройстве земляного полотна, верхнего и нижнего строения путей, специальных частей и водоотвода. Отдельные главы посвящены вопросам организации работ при строительстве и ремонте путей, а также эксплоатации путей.

Объем и характер сведений соответствует программе техникума Городского электротранспорта.

Книга предназначена для студентов электромеханических техникумов системы НККХ РСФСР в качестве учебника.

Редактор *Н. П. Ермолов* Техн. редактор *О. А. Гурова*

Сдано в набор 26/III 1946. Подписано к печати 21/XII 1946. Формат бум. 60×92/16. № 07591. Печ. л. 23/8 Печ. зн. в 1 п. л. 50000. Учетно-издат л. 27,25. Тираж 1800 экз. Заказ № 3797.

4-я типография им. Евг. Соколовой треста «Полиграфкнига» ОГИЗа при Совете Министров СССР. Ленинград, Измайловский пр. 29.

ГЛАВА I

ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ И НАЗНАЧЕНИЕ ТРАМВАЙНЫХ ПУТЕЙ

§ 1. Назначение трамвайного пути

Трамваи или городские железные дороги служат основным видом массового городского транспорта. Несмотря на значительное развитие метрополитена, троллейбусного и автобусного сообщения, трамваи обслуживают в городах большее количество населения, чем всякий другой вид городского транспорта.

Трамвайное хозяйство состоит из трех основных частей: пути, подвижного состава и электрохозяйства.

Трамвайный путь, несмотря на кажущуюся простоту, представляет собой сложное инженерное сооружение в системе городского коммунального хозяйства и включает различные путевые устройства, необходимые для перемещения подвижного состава. Для нормального технического состояния трамвайного пути необходимо соответствующее подсобное и обслуживающее хозяйство.

Подвижной состав представляет собой трамвайные пассажирские и грузовые вагоны с соответствующей ремонтной базой: депо, мастерскими, площадками для стоянки в часы ночного перерыва движения и другим подсобным и обслуживающим хозяйством.

Назначение электрохозяйства состоит в обслуживании трамвайных вагонов электрической энергией. Для этой цели электрохозяйство имеет соответствующие тяговые подстанции, контактную и кабельную сети.

Кроме этих трех основных частей с соответствующими техническими службами, трамвайное хозяйство имеет ряд эксплоатационных служб, отделов и подсобных предприятий, необходимых для нормальной работы трамвая — для перевозки населения и грузов.

Назначение трамвайного пути слагается из трех процессов, определяющих его работу:

а) воспринять давление от колес подвижного состава;

б) передать это давление земляному полотну или нижележащему грунту;

в) направить колеса подвижного состава по рельсовой колее.

Наряду с давлением от колес подвижного состава, которому должно противостоять прочное путевое устройство, осуществляю-

движного состава [1]
строений и габа-
баритами смежных
для безопасного
зможных колеба-
носов и не угро-
еисправностей по-

ской эксплоатации
а фиг. 1. Помимо

жений к пути.

пути до предель-
льных расстояний
зана нормальная
наименьшее рас-
).
ложенных вблизи
ределы габаритов
ширины нового
ивых.
ть:
е менее 3800 мм

тся поперечное пре-
ен помещаться при
исправный трамвай-
ми при совмещении
и пути.

щее плавный и безопасный ход вагонов, на путь действуют ливневые и весенние воды, ветер, колебания температуры воздуха, морозы. Трамвайный путь должен быть так устроен, чтобы противостоять и атмосферным воздействиям.

Кроме того, трамвайный путь при проходе по городским проездам должен давать возможность движения по нему безрельсового транспорта. Одновременно рельсовая сеть служит проводником отработанного электрического тока, возвращающегося на тяговые подстанции.

В соответствии с этими назначениями трамвайный путь состоит из:

а) верхнего строения: рельсов и специальных частей (стрелок, крестовин, пересечений) со скреплениями и соединениями;

б) нижнего строения (основания): рельсовых опор, состоящих из шпал и балласта, а при бесшпальных основаниях — из щебня, бетона под рельсами;

в) земляного полотна на линиях вне городских проездов, главным образом, на загородных линиях или на путях с обособленным полотном;

г) водоотвода: дренажа, труб, водоприемных путевых колодцев, лотков, водоотводов от стрелок;

д) верхнего покрытия различных типов.

Непосредственное воспринятие давления от колес подвижного состава и направление движения их совершается верхним строением пути — рельсами и специальными частями.

Давление передается нижележащему грунту или земляному полотну при помощи основания (нижнего строения пути).

Земляное полотно устраивают для получения ровной постели под основание и для соблюдения необходимого продольного и поперечного профиля пути.

Водоотводные сооружения предназначаются для отвода поверхностной воды с полотна и грунтовой из основания.

Верхнее покрытие трамвайных путей служит для пропуска по ним безрельсового транспорта.

§ 2. Габарит

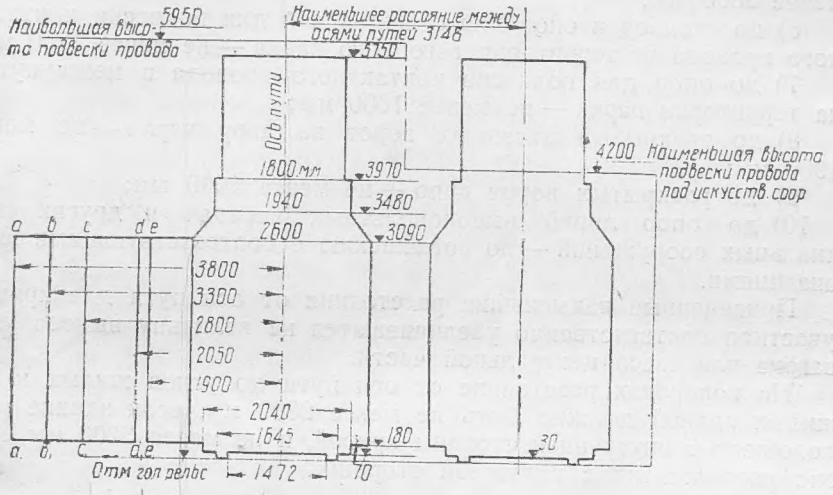
Трамвайные пути, располагаемые по улицам и проездам городов, имеют, в основном, те же повороты и уклоны, как и улицы и проезды. Пути же, расположенные вне городских проездов, главным образом, на загородных линиях, имеют самостоятельное независимое от проездов полотно.

Трамвайный путь должен быть свободен для прохода по нему подвижного состава. Ни одна часть строений и сооружений не должна выходить за пределы, установленные габаритом приближения строений к пути.

Габаритом приближения строений к пути называется предназначенное для пропуска подвижного состава предельное, перпендикулярное к пути очертание, внутрь которого не могут заходить никакие части строений и сооружений. Такой габарит устанавли-

вается как сумма величин принятого габарита подвижного состава [1] и пространства между габаритом приближения строений и габаритом подвижного состава, а также между габаритами смежных подвижных составов. Такой габарит необходим для безопасного прохождения подвижного состава с учетом возможных колебаний его при движении, а также допускаемых износов и не угрожающих безопасности движения отдельных неисправностей подвижного состава и пути.

Принятый действующими правилами технической эксплоатации габарит приближения строений к пути показан на фиг. 1. Помимо



Фиг. 1. Габарит приближения строений и сооружений к пути.

горизонтальных расстояний от оси трамвайного пути до предельных очертаний строений и сооружений и вертикальных расстояний от уровня головки рельса, на габарите показана нормальная насадка колес подвижного состава (1472 мм) и наименьшее расстояние между осями смежных путей (3148 мм).

Ни одна часть строений и сооружений, расположенных вблизи трамвайных путей, не должна выступать за пределы габаритов приближения строений, принятых из расчета ширины нового вагона в 2600 мм, с учетом выноса вагона в кривых.

Расстояния от оси прямого пути должны быть:

1) до жилых и административных зданий — не менее 3800 мм (линия aa_1 на фиг. 1);

[1] Габаритом подвижного состава трамвая называется поперечное предельное очертание, в котором, не выходя наружу, должен помещаться при стоянии на прямом горизонтальном участке пути вполне исправный трамвайный вагон со всеми выступающими и висящими частями при совмещении в одной плоскости продольных осей подвижного состава и пути.

щее плавный и безоп
невые и весенние во
морозы. Трамвайный
тивостоять и атмосф
Кроме того, тра
проездам должен да
рельсового транспор
проводником отработ
гося на тяговые под
В соответствии
состоит из:
а) верхнего строе
крестовин, пересечен
б) нижнего строе
из шпал и балласта
бетона под рельсами
в) земляного по
главным образом,
собленным полотном
г) водоотвода:
цев, лотков, водоот
д) верхнего покр
Непосредственно
состава и направле
нием пути — рельса
Давление перед
полотну при помощ
Земляное полот
под основание и
поперечного профи
Водоотводные
верхностной воды
Верхнее покрыт
ним безрельсового

Трамвайные пу
дов, имеют, в осн
проезды. Пути же
ным образом, на
независимое от п
Трамвайный п
нему подвижного
не должна вых
приближения стро
Габаритом при
значенное для пр
дикулярное к пут
никакие части с

2) до стен нежилых построек, заборов, изгородей — не менее 2800 мм, если протяжение их не более 2 м, и не менее 3300 мм, если протяжение их более 2 м ($вв_1$ и $сс_1$);

3) до стен тоннелей, устоев путепровода, перил мостов и путепроводов при запрещении доступа пешеходов — не менее 2050 мм (dd_1);

4) до тротуара или борта при обособленном полотне — не менее 1900 мм ($ее_1$);

5) до столбов, поставленных с наружной стороны пути, кроме древесных насаждений и крытых пассажирских платформ, — не менее 2300 мм;

6) до столбов и опор для освещения и для подвески контактного провода на территории вагонного парка — не менее 1900 мм;

7) до опор для подвески контактного провода в междупутьи на территории парка — не менее 1800 мм;

8) до раскрытых въездных ворот во двор парка — не менее 1900 мм;

9) до раскрытых ворот депо — не менее 1600 мм;

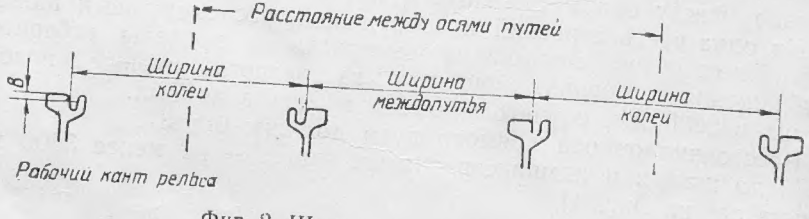
10) до опор линий высоковольтных передач и других специальных сооружений — по соглашению с соответствующими организациями.

Приведенные наименьшие расстояния от оси пути для кривых участков соответственно увеличиваются на величину выноса угла вагона или свеса центральной части.

На поворотах расстояние от оси пути до углов жилых и нежилых зданий должно быть не менее 2800 мм, если здание расположено с внутренней стороны кривой, и не менее 3200 мм, если оно расположено с наружной стороны.

§ 3. Ширина колеи

Шириной колеи трамвайных путей называется расстояние между рабочими кантами двух рельсовых ниток, измеряемое нормально оси пути (фиг. 2).



Фиг. 2. Ширина колеи и междупутья.

За рабочий кант рельсовой нитки принимают линию на внутренней грани головки рельса, расположенную ниже верхней поверхности головки рельса на 8 мм.

Нормальная ширина колеи трамвайных путей на прямых участ-

ках равна 1524 мм. На закруглениях колею уширяют в зависимости от радиуса кривой.

§ 4. Ширина междупутья

Наименьшее расстояние между осями двух смежных путей, при отсутствии опор в междупутьи, определяется шириной трамвайного вагона и расстоянием между кузовами двух вагонов, стоящих на смежных путях, но, так как от расстояния между осями путей зависят эпюры специальных частей в узлах, то оно должно быть стандартизовано. Наименьшее расстояние между кузовами двух смежных вагонов принимают обычно от 300 до 600 мм. В соответствии с этим стандартное наименьшее расстояние между осями путей двухпутной линии на прямых участках принято в 3200 мм (ширина нового вагона 2600 мм + расстояние между вагонами 600 мм). Но на отдельных трамваях действуют другие наименьшие расстояния между осями путей; например, на Московском и Ленинградском трамваях наименьшее расстояние между осями путей принято в 3148 мм. При наличии новых вагонов зазор между ними получается 548 мм.

На кривых участках пути наименьшее расстояние между осями путей увеличивают также в зависимости от радиуса кривой.

Наименьшее расстояние между осями смежных путей рекомендуется принимать только в том случае, когда трамвайные пути расположены на узких проездах и при невозможности применить бо́льшую ширину, так как расстояние между кузовами встречных вагонов в 600 мм небезопасно для человека, находящегося между вагонами. Поэтому нормальным расстоянием между осями путей на прямых участках принято 3550 мм, дающее зазор между вагонами 950 мм. Такое расстояние допускает постановку опор в междупутьи,[1] и оно более безопасно для людей, попавших между смежными вагонами. На Московском трамвае установлено нормальное расстояние между осями путей в 3424 мм, на Ленинградском — 3758 мм.

Практически иногда вместо расстояния между осями смежных путей пользуются шириной междупутья трамвайных путей.

Шириной междупутья называется расстояние между рабочими кантами внутренних рельсовых ниток смежных путей, измеренное нормально оси линии. Ширина междупутья, следовательно, равна расстоянию между осями путей без ширины колеи, а именно:

а) стандартная наименьшая ширина междупутья на прямых участках пути . . . . . — 1676 мм;
б) наименьшая ширина междупутья Московского и Ленинградского трамваев . . . . . — 1624 мм;
в) нормальная ширина междупутья . . . . . — 2026 мм;
г) нормальная ширина междупутья Московского трамвая . . . . — 1900 мм;
д) нормальная ширина междупутья Ленинградского трамвая . . . — 2234 мм;

---

[1] Принимается диаметр опор 350 мм и расстояние между кузовом вагона и опорой 300 мм.

щее плавный и безоп
невые и весенние во
морозы. Трамвайный
тивостоять и атмосф
Кроме того, тр
проездам должен да
рельсового транспор
проводником отрабо
гося на тяговые под
В соответствии
состоит из:
а) верхнего строе
крестовин, пересечен
б) нижнего строе
из шпал и балласта
бетона под рельсами
в) земляного по
главным образом,
собленным полотно
г) водоотвода:
цев, лотков, водоот
д) верхнего пок
Непосредственно
состава и направле
нием пути — рельса
Давление перед
полотну при помощ
Земляное полот
под основание и
поперечного профи
Водоотводные
верхностной воды
Верхнее покрыт
ним безрельсового

Трамвайные пу
дов, имеют, в осно
проезды. Пути же
ным образом, на
независимое от пр
Трамвайный пу
нему подвижного
не должна выхо
приближения стро
Габаритом при
значенное для про
дикулярное к пут
никакие части ст

§ 5. Требования, предъявляемые к трамвайному пути

Трамвайное путевое хозяйство пока не имеет утвержденной или признанной классификации путей в зависимости от различных условий их эксплоатации. Это не дает возможности правильно планировать и эксплоатировать путевое хозяйство.

Требования, которые должны быть предъявлены к трамвайным путям, зависят от:

а) интенсивности и скорости движения;
б) нагрузки (вес и характер подвижного состава);
в) благоустройства и назначения уличных проездов;
г) расположения путей в замощенных проездах и на обособленном полотне.

Каждое из этих условий диктует необходимость применения определенных требований к конструкции пути (в целом и к отдельным его элементам) и эксплоатации его.

Интенсивность и скорость движения поездов по трамвайным путям должна оказать влияние на прочность, устойчивость и мощность конструкции пути. Чем большие скорости движения допускаются по путям, чем интенсивнее движение, тем более должна быть мощность и устойчивость конструкции.

Нагрузка на трамвайные пути, представляющая собой вес и динамическое воздействие подвижного состава, должна быть при расчете принята постоянной для данного трамвайного предприятия и наиболее невыгодной как для существующего подвижного состава, так и проектируемого на ближайший период времени, соответствующий сроку службы пути.

Благоустройство уличных проездов предъявляет к путевому хозяйству значительные требования. Основное из них сводится к однотипности верхнего покрытия трамвайных путей и проезжей части уличных проездов, например, если проезжая часть покрыта асфальтом, то и пути также должны быть покрыты асфальтом. Устойчивость и прочность конструкции замощенных путей также относится к требованиям благоустройства. Кроме того, необходимо учитывать возможность замены менее усовершенствованного покрытия более усовершенствованным, проектируемым на ближайший период времени, соответствующий сроку службы пути.

Расположение путей на обособленном полотне позволяет применять более простые конструкции пути, чем для путей, расположенных в замощенных проездах.

Подобные же требования должны быть предъявлены, в зависимости от этих условий, и к эксплоатации пути: чем благоустроеннее данная улица, тем очистка путей должна быть лучше; чем больше нагрузка, интенсивность движения и скорость, тем осмотр и ремонт путей должны быть тщательнее.

Комбинацией различных условий и предельных норм можно создать различные классификации трамвайных путей, построенные даже по различным принципам, но любая классификация должна быть простой, ясной, понятной каждому и удобной для практического пользования.

Рекомендуемая классификация путей, в зависимости от указанных условий, приведена в табл. 1.

Таблица 1

Классификация трамвайных путей

Категория пути	Характеристика условий благоустройства	Характеристика прочих условий
1	Линии, проходящие по благоустроенным проездам, покрытые усовершенствованными видами покрытий (асфальт, брусчатка, клейнпфлястер)	Вне зависимости от нагрузки, скорости и интенсивности движения, но допускающие наибольшие нагрузки, скорости и интенсивность движения
2-а	Линии, проходящие по менее благоустроенным проездам, покрытым булыжным камнем	Линии со средней интенсивностью движения в одном направлении 20 и больше поездов в час, со скоростью движения 25 км/час и больше
2-б		Линии со средней интенсивностью движения в одном направлении меньше 20 поездов в час со скоростью движения до 25 км/час
3-а	Линии на обособленном полотне	Линии со средней интенсивностью движения в одном направлении 20 и больше поездов в час со скоростью движения 25 км/час и больше, а также и с меньшей интенсивностью и скоростью при особых требованиях благоустройства
3-б		Линии со средней интенсивностью движения в одном направлении меньше 20 поездов в час, со скоростью движения до 25 км/час

§ 6. Направление трамвайных линий

Требования, предъявляемые к плану трамвайной сети. Выбор направления трассы трамвайных путей существенно отличается от выбора направления железнодорожных путей. Трамвайные пути прокладываются по городу, имеющему уже определенные границы улиц, площадей, со сложившейся планировкой, в то время как железнодорожные междугородние линии не связаны планировкой. Поэтому, выбор трассы железной дороги заключается в изыскании наиболее технически и экономически целесообразного направления линии. В городских же условиях этот вопрос должен быть

щее плавный и безо
невые и весенние в
морозы. Трамвайный
тивостоять и атмосф

Кроме того, тр
проездам должен д
рельсового транспо
проводником отрабо
гося на тяговые по

В соответствии
состоит из:

а) верхнего стро
крестовин, пересече

б) нижнего стро
из шпал и балласта
бетона под рельсам

в) земляного п
главным образом,
собленным полотно

г) водоотвода:
цев, лотков, водоот

д) верхнего пок

Непосредственно
состава и направле
нием пути — рельса

Давление перед
полотну при помощ

Земляное полот
под основание и
поперечного профи

Водоотводные
верхностной воды

Верхнее покрыт
ним безрельсового

Трамвайные пу
дов, имеют, в осно
проезды. Пути же
ным образом, на
независимое от пр

Трамвайный пу
нему подвижного
не должна выхо
приближения стро

Габаритом приб
значенное для про
дикулярное к пути
никакие части ст

увязан с удобствами пассажиров, требованиями других видов городского транспорта, планировкой городской территории и другими местными условиями.

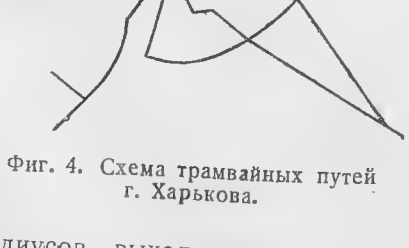
Схемы сети трамвайных путей обусловливаются различной планировкой городов и населенных мест.

Простейшая схема трамвайных путей прямоугольная, состоящая из прямых линий, пересекающихся под прямым углом. К

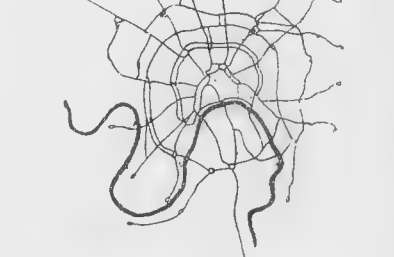
Фиг. 3. Схема трамвайных путей г. Ростова на Дону.

городам, имеющим такую схему, можно отнести, например, Ростов на Дону (фиг. 3), часть Ленинграда, Чикаго, Детройт, Балтимора.

Небольшие города при соответствующей планировке часто имеют радиальную схему, состоящую из ряда прямых линий



Фиг. 4. Схема трамвайных путей г. Харькова.



Фиг. 5. Схема радиально-круговая (Москва)

радиусов, выходящих из одного центра. К городам, имеющим радиальную схему, относятся Харьков (фиг. 4), Дармштадт и др.

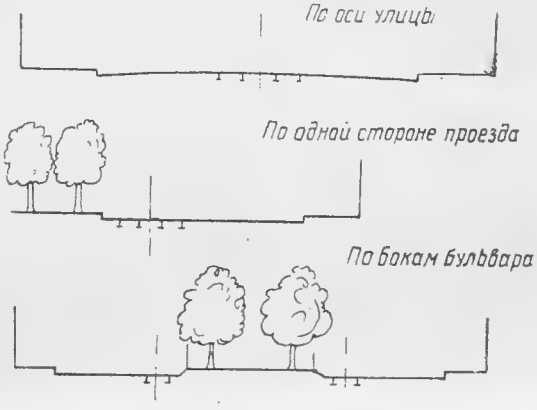
Если к радиальной схеме прибавить ряд колец, то получается радиально-круговая схема, классическим примером каковой до 1934 г. была Москва (фиг. 5). Радиально-круговая схема расположения трамвайных путей применена в Париже и Вене.

При центральном расположении трамвайных путей, служащим основным нормальным типом расположения путей, опоры для подвески контактного провода могут быть установлены или на междупутьи, или за пределами его. При ширине проезжей части улицы в каждом направлении до 6,5 м установка опор на междупутьи не разрешается.

Расположение опор на междупутьи нежелательно. Расположение трамвайных путей на одной стороне улицы (одностороннее) допускается в том случае, когда трамвайные пути проходят вдоль садов, парков, набережных, при отсутствии на стороне расположения трамвайных путей общественных и жилых зданий и при наличии пересечений с поперечными улицами не чаще, чем через 300 м.

Ширина проезжей части для одностороннего движения безрельсового транспорта должна быть не менее 6,5 м, а для двухстороннего — не менее 9,0 м.

Трамвайные пути могут быть устроены на обособленном полотне при ширине проезжих частей улицы в каждом направлении для безрельсового транспорта не менее 6,5 м. Общая ширина улицы между гранями тротуаров при этом должна быть не менее 26 м для возможности уширения проезжих частей улицы до 9 м.



Фиг. 7. Расположение трамвайных путей в поперечном профиле улицы.

Расположение трамвайных путей в проездах, как уже указывалось, в основном бывает: центральное, одностороннее или по сторонам бульваров. Раньше существовал еще один вид расположения путей — с двух сторон улиц у тротуаров. Таким расположением путей хотели создать лучшие условия для пассажиров — посадку и высадку в вагоны и из вагонов производить непосредственно на тротуарах. Но этим расположением создались неудобства пересечений и ответвлений и задержки при остановках безрельсового транспорта. Поэтому от такого расположения путей в настоящее время отказались и даже там, где оно применено, линию перестраивают.

Нормальным расположением путей в проездах нужно считать центральное (по оси улицы), так как оно создает наибольшие удобства для транспорта, особенно на перекрестках, или по сторонам бульваров. Поэтому во всех случаях в первую очередь необходимо рассмотреть проектный вариант по оси улицы.

Одностороннее расположение путей можно рекомендовать том случае, когда трамвайный путь вливается в магистраль

безрельсового транспорта, не пересекая основного его потока. Примером удачного разрешения одностороннего расположения путей может служить трамвайная линия в Москве на новом Москворецком мосту и Октябрьском путепроводе. В том же случае, если направление трамвайных путей пересекает основное направление безрельсового транспорта, проектировать его не рекомендуется, так как создаются большие неудобства и задержки в месте пересечения с транспортом.

Для широких и длинных магистралей, имеющих небольшое количество поперечных пересечений, можно рекомендовать расположение путей, примененное в Детройте: в центре магистрали устроена проезжая часть для быстроходного безрельсового транспорта, у тротуаров — местные проезды безрельсового транспорта, а между ними — трамвайные пути.

Учитывая требования, предъявляемые к трассировке путей на проездах в зависимости от различных подземных сооружений (кабелей, трубопроводов), а также габариты приближения к строениям, проектировщику приходится серьезно рассмотреть все положительные и отрицательные стороны каждого варианта трассы прежде чем остановиться на каком-нибудь решении.

Одновременно при рассмотрении вариантов необходимо, в первую очередь, выявить возможность выделения трамвайной линии на обособленное полотно, так как это дает большие преимущества.

§ 9. Трамвайные пути на обособленном полотне

Расположение трамвайных путей на обособленном полотне обладает следующими преимуществами:

1) повышается безопасность всех видов уличного движения, поскольку отделение трамвая от безрельсового транспорта и пешеходов способствует сокращению числа столкновений трамвайных вагонов с экипажами и наездов на людей;

2) увеличивается скорость трамвайного движения вследствие устранения помех и задержек, что имеет большое значение как для обслуживаемого населения, так и для трамвайного хозяйства;

3) получается значительный экономический эффект вследствие снижения первоначальных затрат на сооружение трамвайных линий благодаря: более простой конструкции путей и их покрытия, снижению расходов на содержание путей, облегчению и удешевлению ремонта, снижению расхода электроэнергии при сокращении подтормаживания из-за случайных помех и уменьшению эксплоатационных расходов, вызванному увеличением скорости движения;

4) улучшается дисциплина движения по улице, так как обособленное полотно при расположении по оси улицы разделяет встречные потоки и вынуждает безрельсовый транспорт и пешеходов пересекать улицу лишь в определенных предназначенных для этого пунктах;

5) уменьшается шум от движения вагонов по рельсам, так как звукопроводность дорожных покрытий, непосредственно примы-

кающих с одной стороны к рельсам, а с другой стороны к тро-
туарам и зданиям, значительно выше, чем при изоляции трамвай-
ных путей от проезжей части балластом; благотворное влияние
выделения трамвайных путей на обособленное полотно в отноше-
нии сокращения шума особенно заметно при озеленении полотна
кустарником по краям и даже деревьями при достаточной ширине
полотна;

б) облегчаются условия труда вагоновожатых, так как создается более спокойная обстановка для работы, что способствует, в свою очередь, повышению общих условий безопасности — сокращению числа происшествий при движении.

Вопросу о выделении трамвая на обособленное полотно был посвящен специальный доклад инж. Ленартовича на XXI международном трамвайном конгрессе в Риме в 1928 г. После обсуждения доклада Конгрессом было принято следующее постановление:

а) стремиться по возможности всюду осуществлять устройство трамвайных линий на обособленном полотне, благодаря чему достигаются бо́льшие скорости при меньших эксплоатационных расходах;

б) при разработке плана расширения и застройки каждого города трассировать магистральные улицы с расчетом на устройство обособленного полотна для трамвайных путей;

в) пересечения главных уличных артерий с поперечными улицами в одном уровне по возможности заменять пересечениями в разных уровнях.

На международном дорожном конгрессе в Милане в 1926 г. было признано наилучшим расположение обособленного трамвайного полотна в средней части улицы. Ширина полотна была намечена в 9 м, что дает возможность озеленения зоны и размещения в ее пределах остановочных площадок (рефюжей). Такое расположение и размеры полотна облегчают к тому же в дальнейшем, при развитии города и движения, переход к устройству пересечений в разных уровнях.

По мере роста города и увеличения его территории вопрос о повышении скоростей передвижения приобретает все более важный характер. Радикальное разрешение этого вопроса — устройство внеуличных рельсовых путей, в тоннелях и на эстакадах, требует больших денежных затрат и технически сложно.

Между тем, выделением трамвайных путей на обособленное полотно и устройством пересечений с магистралями в разных уровнях можно создать новую разновидность городского транспорта — «быстроходный трамвай». При эксплоатации этого вида транспорта можно получить скорость движения, мало отличающуюся от средней скорости метрополитена.

В центральных районах старых городов пересечение трамвайных линий с уличными магистралями в разных уровнях трудно осуществимо по техническим, финансовым и архитектурно-планировочным соображениям. Поэтому, линии быстроходного трамвая можно устраивать преимущественно в новых городах, вновь застраиваемых районах города и в пригородах. В остальных слу-

чаях приходится ограничиваться выделением путей обычного трамвая на обособленное полотно, прерываемое на перекрестках улиц, где трамвайные пути укладывают в полотно проезжей части.

§ 10. Кривые участки пути

Основными элементами кривых участков трамвайного пути (фиг. 8) служат: радиус кривой R, тангенс T, угол поворота α, биссектриса угла BC и длина кривой — K.

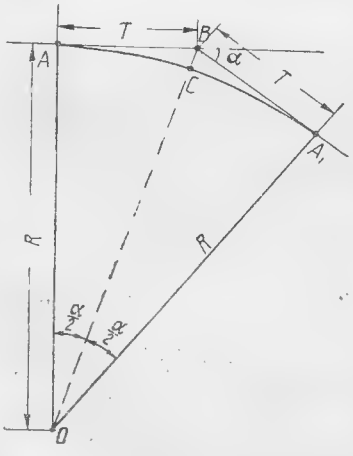
Тангенс кривой $T = AB = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$.

Радиус кривой $R = OA = \frac{T}{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}$.

Длина кривой $K = \overset{\smile}{AA_1} = \frac{\alpha}{360} \pi R$.

Радиусы кривых должны быть не менее 20 м. В исключительных случаях на второстепенных путях допускается уменьшение радиуса до 16 м.

Величина радиусов кривых измеряется от рабочего канта внутреннего рельса до центра кривой. Иногда принимают радиусы и от оси пути, но это менее удобно для расчетов.



Фиг. 8. Основные элементы кривой.

Кривые делятся на две категории: кривые малых радиусов 200 м и меньше и кривые больших радиусов — более 200 м. Величины радиусов кривых нормированы: для первой категории кривых радиусы приняты 20, 25, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 150 и 200 м: для второй категории кривых радиус до 1000 м меняется через 100 м и свыше 1000 м — через 500 м.

Кривые радиусом более 2000 м устраивать не рекомендуется; лучше трассировать линию радиусом меньшей величины с соответственным уменьшением длины кривой.

Наименьшая длина кривой на трассе должна быть принята в 8 м.

Техническими условиями разрешается устраивать кривые ненормированного радиуса исключительно в узлах между специальными частями.

В сопряжении прямых с кривыми участками малых радиусов должны, как правило, применяться переходные кривые. Устройство переходных кривых при радиусе закругления менее 50 м обязательно.

Переходные кривые устраивают на закруглении для более спокойного вписывания вагона в кривую малого радиуса, во избежание толчков, оказывающих вредное влияние на путь и подвижной состав. При сохранении постоянной скорости движения трамвая нужно, чтобы очертание кривой отвечало условию обратной пропорциональности радиусов кривизны длинам путей, пройденных вагоном от начала кривой:

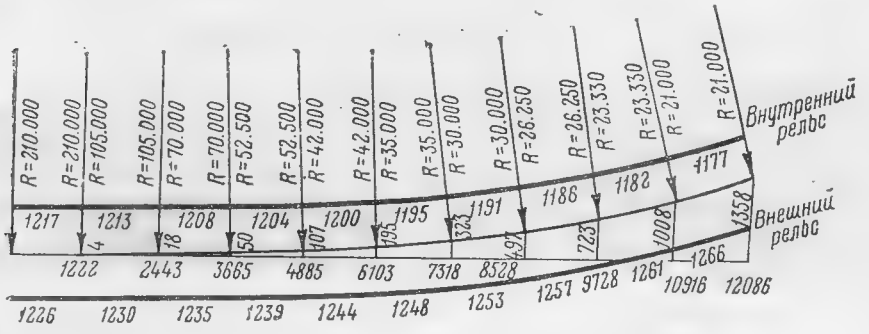
$$\rho = \frac{1}{KS},$$

где: ρ — радиус кривизны,

K — постоянная величина, зависящая от скорости,

S — путь, пройденный вагоном.

Для кривых малых радиусов обычно применяют переходные кривые, очерченные по составной спирали. Эти кривые в наибольшей степени удовлетворяют приведенному условию и достаточно просты для рассчета и разбивки.



Фиг. 9. Элементы переходной кривой

Переходная кривая по составной спирали состоит из отдельных круговых дуг постепенно уменьшающегося радиуса.

Рекомендуется применять переходные кривые:

при радиусе круговой кривой до 40 м — с начальным радиусом 210 м;

при радиусе более 40 м — с начальным радиусом 336,8 м.

Величины элементов переходных кривых для кривой с начальным радиусом 210 м даны на фиг. 9.

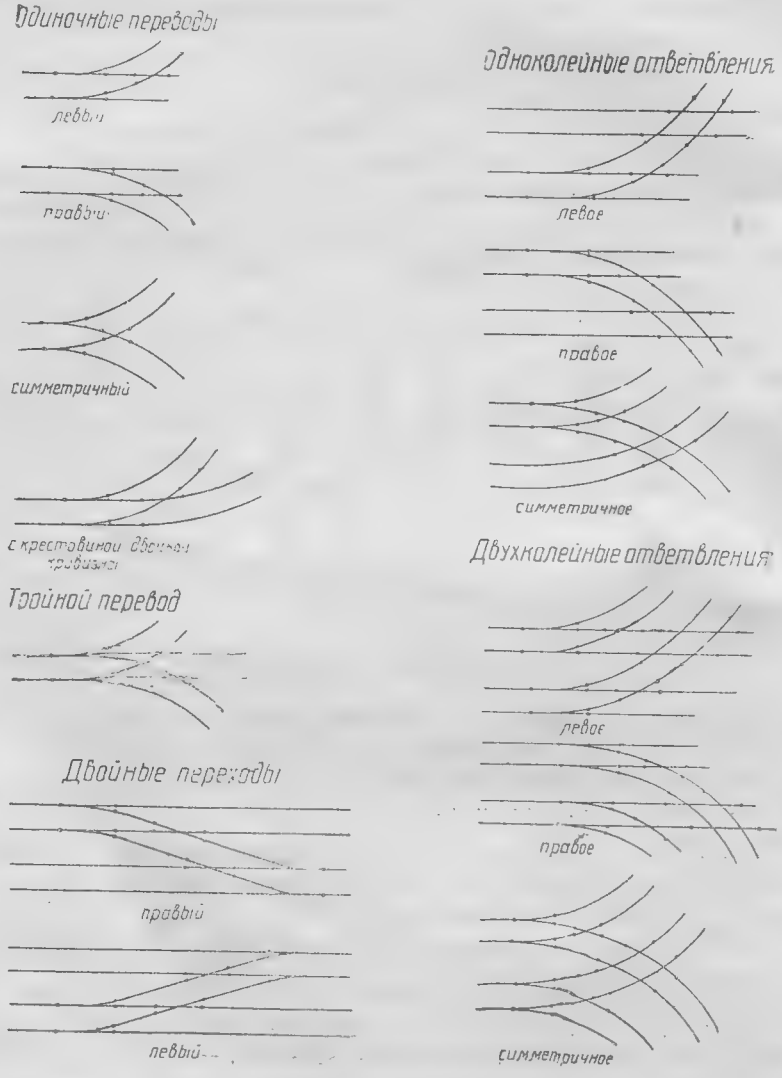
Во избежание обрыва сцепных приборов или схода вагона с рельсов должно быть предусмотрено нормальное прохождение вагона по двум кривым, обращенным в разные стороны. Для этого между двумя обратными кривыми делают прямую вставку, длину которой, в зависимости от суммы радиусов двух кривых, принимают:

при сумме радиусов	до 100 м	не менее 7 м
„ „ „	от 101 м до 200 м	„ „ 6 „
„ „ „	от 201 „ до 400 „	„ „ 5 „
„ „ „	от 401 „ до 600 „	„ „ 4 „
„ „ „	свыше 600 „	прямая вставка необязательна

26965

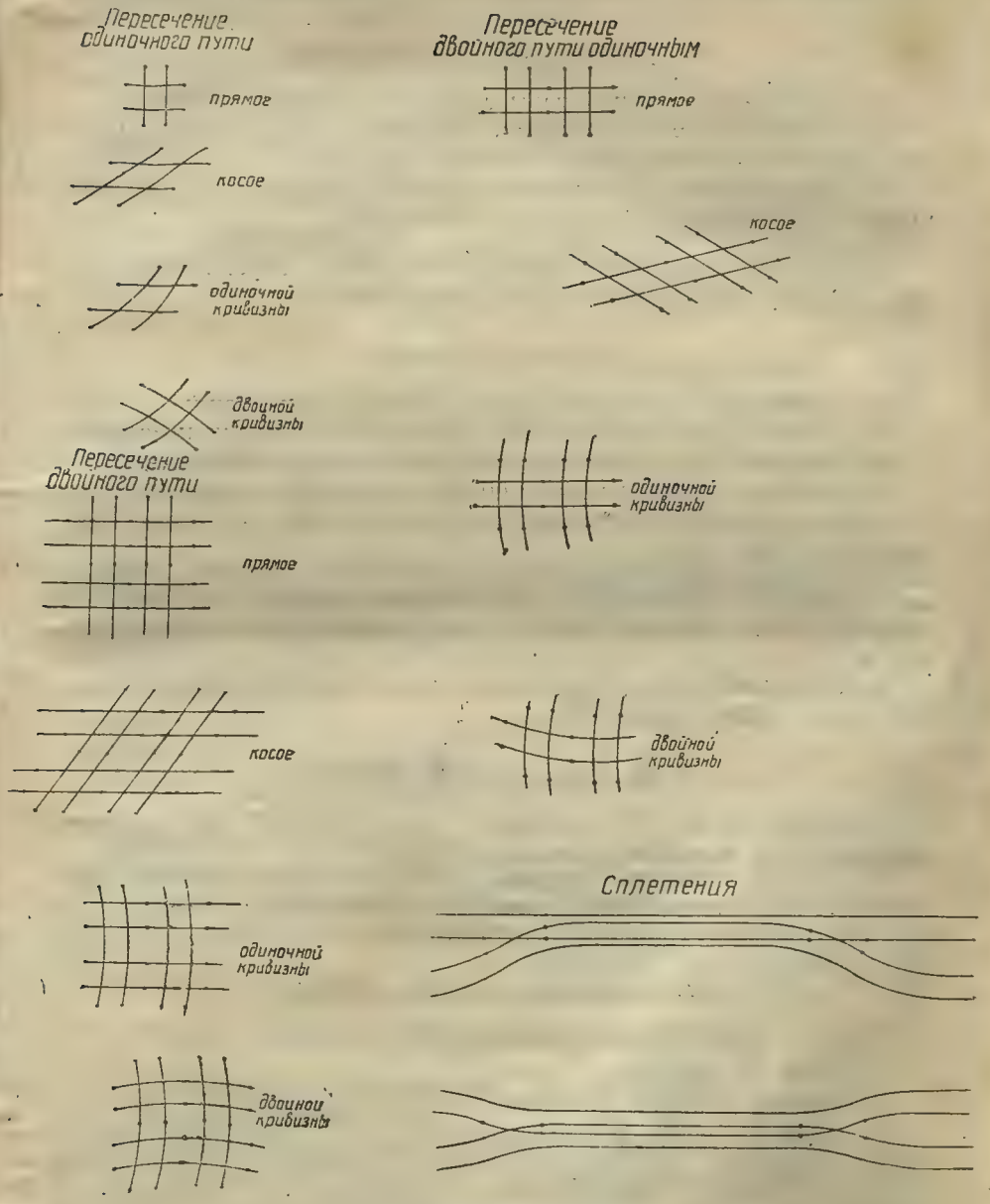
§ 1. Типы узлов

Узлами трамвайной путевой сети называются участки пути, ограниченные со всех сторон специальными частями пути (стрелочными переводами или пересечениями).



Фиг. 10. Типы стрелочных переводов.

Различают узлы простые, составленные из одного вида специальных частей (стрелочного перевода, двухколейного ответвления, пересечения), и узлы сложные, составленные из различных



Фиг. 11. Типы пересечений.

комбинаций специальных частей, соединенных прямыми или кривыми участками пути.

Специальные части классифицируют следующим образом:

Стрелочные переводы:

1) одиночные, из одной пары стрелок и одной крестовины;
2) одноколейные ответвления, из одной пары стрелок, одной крестовины и пересечения из четырех крестовин;
3) двухколейные ответвления, из двух пар стрелок, двух крестовин и пересечения из четырех крестовин;
4) тройные, из двух пар стрелок и трех крестовин;
5) двойной стрелочный перевод (соединение параллельных путей), из двух пар стрелок и двух крестовин.

Пересечения:

1) одиночного пути, состоящее из четырех крестовин;
2) двойного пути одиночным, состоящее из восьми крестовин;
3) двойного пути, состоящее из шестнадцати крестовин;
4) сплетение двойного пути, состоящее из двух крестовин.

Типы стрелочных переводов показаны на фиг. 10, типы пересечений на фиг. 11.

Стрелочные переводы и ответвления бывают правые, левые и симметричные, определяемые направлением поворота стрелки.

Пересечения бывают прямые, косые, одиночной и двойной кривизны.

Комбинацией таких специальных частей можно составить узел для любой схемы движения.

§ 12. Типы конечных пунктов

Конечные пункты принадлежат к узлам путевой сети, но рассматриваются отдельно из-за специфической их особенности.

Устройство конечных пунктов имеет большое значение для осуществления нормального движения. Конечные пункты классифицируются на следующие основные типы:

I. Тупиковые конечные пункты

А. Для двухколейного пути:

1) тупик со стрелкой,
2) перевод с двумя тупиками,
3) разъезд (левый или правый),
4) разъезд с тупиком,
5) разъезд на третьем пути.

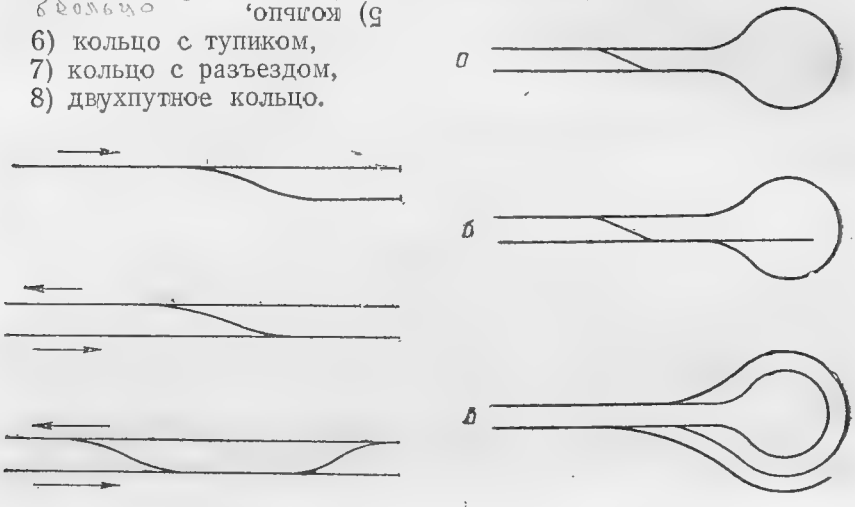
Б. Для одноколейного пути:

1) вилка,
2) разъезд.

II. Кольцевые конечные пункты

А. В конце линии:

1) петля (правая или левая),
2) петля с переходом,
3) петля с тупиком (пошерстным или противошерстным),
4) петля с разъездом (одним или больше)
5) [illegible]
6) кольцо с тупиком,
7) кольцо с разъездом,
8) двухпутное кольцо.



Фиг. 12. Типы тупиковых конечных пунктов.

Б. В середине линии:

1) петля правая или левая (с разъездами или без них),
2) кольцо замкнутое (с разъездами или без них),
3) кольцо, замкнутое через главный путь (с разъездами или без них),
4) двухпутное кольцо.

Фиг. 13. Типы кольцевых конечных пунктов:

а—одинарная петля; *б*—одинарная петля с запасным путем; *в*—двойная петля с запасным путем; *г*—кольцо.

III. Конечные пункты в виде треугольника

1) треугольник однопутный (правый или левый),
2) треугольник двухпутный.

Типы тупиковых конечных пунктов показаны на фиг. 12, кольцевых конечных пунктов на фиг. 13 и треугольников на фиг. 14.

Лучшая схема конечных пунктов с точки зрения организации движения — это кольцевая. Конечные пункты в виде треугольника требуют подачи трамвайных поездов назад, что неудобно и небезопасно. Тупиковые конечные пункты могут удовлетворять интересы движения исключительно при наличии одновагонного состава

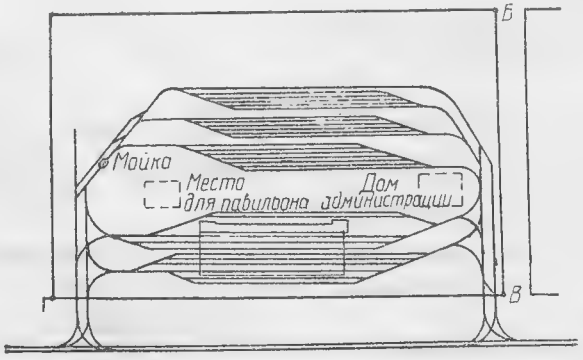
поездов при условии, если управление вагоном имеется на двух площадках. При двух и трехвагонных составах поездов, при наличии одного моторного вагона, потребуются маневры с перецепкой моторного вагона.

Фиг. 14. Типы конечных пунктов треугольником.

§ 13. Трамвайные пути в депо

Трамвайные депо служат для ремонта, осмотра и очистки вагонов, а также для их стоянки во время перерыва движения. В соответствии с этим назначением депо должны иметь смотровые канавы в закрытом помещении, на которых производится ремонт и осмотр вагонов, а также количество путей, необходимое для размещения всех вагонов, числящихся в инвентарной описи депо.

Раньше трамвайные депо (парки) строили с расчетом размещения всех вагонов внутри вагонных сараев. В последнее время



Фиг. 15. Тип открытого парка.

начали строить вагонные сараи исключительно для обслуживания ремонта и осмотра вагонов, а для стоянки вагонов стали устраивать специальные открытые площадки, оборудованные сетью путей, достаточной для размещения на них инвентарного количества вагонов депо.

Закрытые помещения вагонных сараев в депо устраивают сквозные и тупиковые.

Тип открытого парка показан на фиг. 15. В парке имеется 7 канав в закрытом сарае, предназначенных для ремонта и

осмотра вагонов, и 19 сквозных путей, не считая обгонных, для стоянки вагонов. Данный тип парка наиболее удобен с точки зрения организации ремонта и осмотра вагонов, а также и их стоянки, так как допускает любые маневры с подвижным составом на территории открытой площадки и в вагонном сарае.

Каждый веер вагонного сарая и открытой площадки депо состоит из одной или нескольких стрелочных улиц, соединенных прямыми и кривыми вставками. По существу, пути в депо мало отличаются от узлов, так как также состоят, главным образом, из стрелок, крестовин, пересечений с кривыми и прямыми участками пути. Конструкция стрелок, крестовин, пересечений и всего верхнего строения пути не отличается от конструкции нормальных пассажирских путей. Однако, требования, предъявляемые к этой конструкции, из-за незначительных скоростей движения вагонов и меньшей нагрузки, понижаются. Нет необходимости также в устройстве дорогостоящих усовершенствованных оснований; остается в том же объеме лишь требование к устройству водоотвода от путей и стрелок и к мостовым покрытиям.

Типы стрелочных улиц разнообразны, в зависимости от конфигурации сарая и открытой площадки. Слишком длинные стрелочные улицы, вливающиеся в один путь, нежелательны, так как это может задерживать впуск вагонов в депо или выпуск из него.

Иногда из-за недостатка территории внутри двора депо стрелочные улицы выносят на проезды, но это нежелательно, так как задерживается движение на главных путях, — усложняются маневры, ухудшаются условия эксплоатации и ухода за стрелками и задерживается движение безрельсового транспорта.

Ворота вагонных сараев делают шире габарита кузова вагона на 20—25 см. Поэтому, при устройстве вееров пути, подходящих к вагонным сараям, необходимо предусмотреть такое расположение путей, при котором вагон, подходящий к воротам сарая, уже на расстоянии 1,0 м от ворот мог занять такое же положение, какое он занимает на прямом пути. Следовательно, расстояние от стены вагонного сарая до начала кривой веера путей должно быть равно:

$$x = \frac{z + l}{2} + 1{,}0 \text{ м},$$

где: z — длина вагона в метрах,

l — расстояние между осями двухосного вагона, или расстояние между крайними осями четырехосного вагона в метрах.

§ 14. Продольный профиль

Продольным профилем трамвайной линии называется вертикальный разрез поверхности земли по оси трамвайного пути. Линия продольного профиля представляет собой чередующиеся подъемы, спуски и горизонтальные площадки.

Продольный профиль трамвайной линии изображают на чертеже, на котором указывают:

1) величины уклонов[1] линии в тысячных в числителе и протяжение уклона в метрах в знаменателе;

2) отметки (абсолютные или относительные) продольного разреза профиля по головке рельса, привязанные к какой-либо постоянной точке (реперу);

3) расстояния между точками перелома продольного профиля и расстояния от точки перелома до ближайшего пикета;

4) нумерацию пикетов, на которые разбита линия; обычно расстояние между пикетами принимают в 100 или реже в 50 м;

5) схематический план оси линии с разбивкой на километры, длины прямых участков и основные элементы кривых (угол поворота, радиус, тангенс и длину кривой).

В проектном продольном профиле, кроме того, указывают красные отметки пути обычно по головке рельсов. В этом случае черные отметки иногда соответствуют не головке существующих рельсов, а отметкам земляного полотна.

Для большей наглядности продольный профиль изображают в искаженном виде, принимая в вертикальном направлении масштаб в 10 раз больший, чем в горизонтальном. Например, если горизонтальный масштаб равен 1 : 500, то вертикальный — 1 : 50.

Пример продольного профиля показан на фиг. 16.

Иногда продольный профиль вычерчивают в масштабе: горизонтальный — 1 : 1000 и вертикальный — 1 : 100.

Проектированию или составлению продольного профиля предшествует нивелировка оси пути в натуре.

Основные правила проектирования продольного профиля трамвайной линии следующие:

1) Для путей, расположенных в проездах, продольный профиль, в основном, должен соответствовать существующему или проектируемому профилю проезжей части улицы.

2) Для путей на обособленном полотне и на загородных линиях продольный профиль не зависит от профиля примыкающих улиц, но должен быть увязан с красными отметками поперечно-пересекающихся проездов.

3) Трамвайные линии, располагаемые в городских проездах, и особенно за городом, ввиду того, что тяга на них определяется сцеплением бандажа с гладкими рельсами, не могут следовать естественному рельефу местности или даже спланированному полотну уличных проездов, а должны иметь сравнительно пологие подъемы и спуски. Поэтому, предельные уклоны для трамвайных путей установлены:

для одно- и двухвагонных составов трамвайных поездов — 0,08,
для трехвагонных составов — 0,06.

Влияние кривой на величину наибольшего уклона учитывается по формуле:

$$i = \frac{1}{2R},$$

[1] Под термином уклон понимаются как подъемы, так и спуски.

где: i — число тысячных уклона,

R — длина радиуса кривой в метрах.

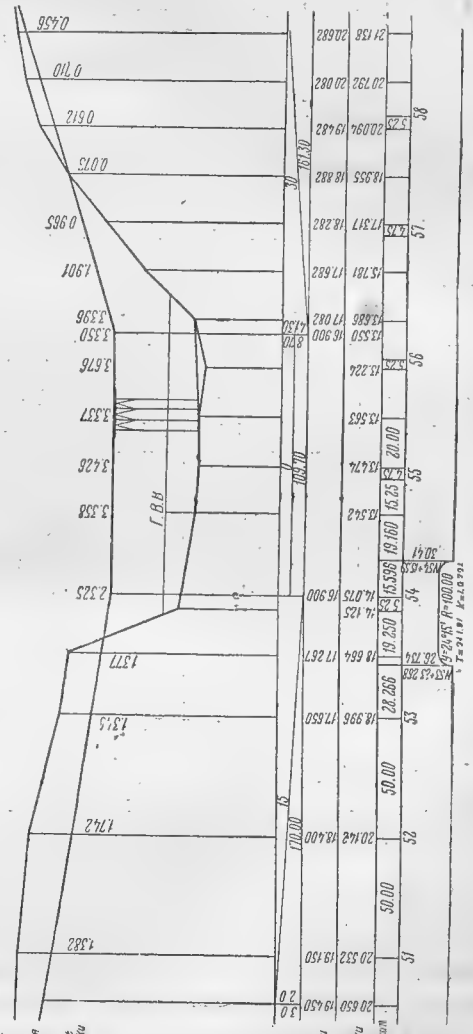
4) Наибольший уклон путей, предназначенных для постановки на них вагонов (пути для стоянки вагонов в депо, запасные тупики на конечных пунктах), с целью невозможности свободного движения незаторможенного вагона не должен превышать 0,0025.

В виде исключения допускается увеличение уклона при наличии устройств, препятствующих угону вагонов (упоры, барьеры).

5) Сопряжение в вертикальной плоскости двух смежных уклонов или уклона с горизонтальной площадкой, при их алгебраической разности больше 0,015, должно быть выполнено кривой радиуса от 500 до 2000 м.

6) Перелом профиля на подходах к мостам в том случае, если путь на них устроен не на балласте, должен отстоять от конца пролетного строения не менее, чем на длину тангенса кривой, сопрягающей в вертикальной плоскости данный перелом профиля.

Для деревянных мостов на свайных опорах это расстояние считают от оси крайнего ряда свай.



Фиг. 16. Продольный профиль трамвайного пути.

Продольный уклон или отношение превышения (разности отметок) одной точки продольного профиля над другой к горизонтальной проекции длины этого участка линии определяется тангенсом угла наклона этой линии к горизонту:

$$i = \operatorname{tg}\alpha = \frac{h}{l},$$

где α — угол наклона линии к горизонту,

h — превышение одной точки линии над другой,

l — горизонтальная проекция длины линии.

Если расстояние между двумя точками измеряют по поверхности земли, то продольный уклон

$$i = \sin \alpha = \frac{h}{l_1},$$

где l_1 — длина линии по поверхности земли.

Уклон есть величина отвлеченная и выражается обычно десятичными дробями в тысячных или сотых, например, $i = 0{,}015$ или $i = 0{,}05$. Иногда величину уклона выражают в процентах, например, $i = 1{,}5\%$ или $i = 5\%$.

Таблица 2

Наибольшие допускаемые уклоны на кривых

Радиус кривой M	Влияние кривой $i = \frac{1}{2R}$	Наибольший допускаемый уклон	
		для одно- и двухвагонных составов	для трехвагонных составов
20	0,025	0,055	0,035
25	0,020	0,060	0,040
30	0,017	0,063	0,043
40	0,012	0,068	0,048
50	0,010	0,070	0,050
100	0,005	0,075	0,055
250	0,002	0,078	0,058
500	0,001	0,079	0,059
1000	0	0,080	0,060

Нормами[1] предусмотрена величина наибольшего допускаемого уклона 0,08. Фактически же на многих трамвайных линиях имеются уклоны значительно большие, доходящие до 0,12. В этом случае к тормозам вагонов должны быть предъявлены особые требования. При проектировании линий нельзя принимать уклоны выше наибольших допускаемых. Трамвайный поезд при движении по кривым участкам пути испытывает дополнительное сопротивление. Поэтому величина наибольшего уклона, рассчитанного для прямого участка пути, должна быть на кривых уменьшена (табл. 2).

Переломы продольного профиля для более плавного прохождения вагонов, как указывалось, сопрягаются кривой радиуса от 500 до 2000 м.

---

[1]) Единых технических условий и норм для проектирования постройки и эксплоатации трамвайных линий нет. Имеются Технические условия Московского, Ленинградского трамваев, а также Правила технической эксплоатации Ссылки в книге даны на проект Технических условий Мин. Коммун. Хоз. на Правила технической эксплоатации, а так же на нормативный материал МПС

Элементы сопряжения рассчитывают по приближенным формулам:

$$\text{тангенс } T = \frac{R(i_2 - i_1)}{2000};$$

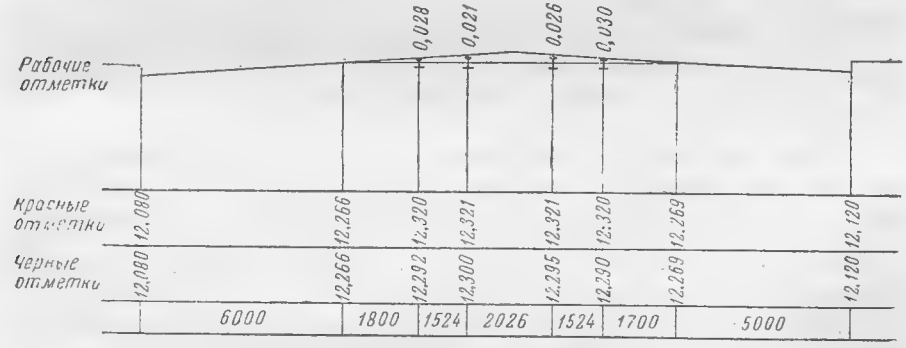
$$\text{биссектриса } Б = \frac{R}{8}\left[\frac{(i_2 - i_1)}{1000}\right]^2;$$

$$\text{ордината кривой } y = \frac{x^2}{2R},$$

где: R — радиус сопрягающей кривой в метрах,
$i_2 - i_1$ — алгебраическая разность двух сопрягаемых уклонов или уклона с горизонтальной площадкой, выраженная в тысячных;
x — абсцисса кривой.

§ 15. Поперечные профили

Поперечным профилем трамвайного пути называется разрез его вертикальной плоскостью, перпендикулярной оси, показывающей положение трамвайного пути относительно земной поверхности или проезжей части улицы (фиг. 17).



Фиг. 17. Поперечный профиль трамвайного пути.

Поперечные профили обычно вычерчивают без искажения, принимая один масштаб для горизонтальных и вертикальных расстояний; реже пользуются искаженным в два или пять раз масштабом.

Проезжим частям улиц придают поперечный уклон к лоткам. С точки зрения расположения трамвайных путей такой профиль улицы будет наилучшим, так как способствует отведению воды от трамвайного полотна к лоткам проезжей части улицы.

Иногда проезжую часть улицы устраивают односкатной. В этом случае расположение трамвайных путей на оси улицы, по середине поперечного уклона проезда, вызывает серьезные возражения, так как вода с половины проезжей части попадает на пути и, задер-

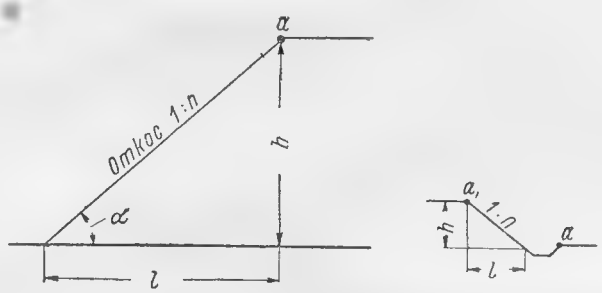
живаясь жолобами рельсов, или просачивается в основание, или стекает по уклону вниз. В результате пути расстраиваются или приходится принимать особые меры, предохраняющие их от воды, часто нарушающие благоустроенный вид проезда.

Устройство трамвайных путей на улице, имеющей вогнутый профиль, недопустимо.

При проектировании поперечного профиля трамвайного пути нужно соблюдать следующие основные правила:

1. Трамвайные пути городских линий располагают или в пределах проезжей части улиц, или в специально выделенной для них полосе на обособленном полотне, которое отделяется от проезжей части поребриком, газоном или бортовым камнем.

2. Трамвайные пути на проезжих частях улиц нужно укладывать на уровне нормального профиля мостовой.



Фиг. 18. Элементы откоса.

Трамвайные пути на обособленном полотне могут быть приподняты над мостовой и установлены на уровне бортового камня, при условии соблюдения нормальных уклонов мостовых на переездах, в местах пересечений с поперечными проездами.

Поверхность борта обособленного полотна возвышается над проезжей частью улицы на 0,15—0,25 м.

3. Поперечный профиль трамвайного пути должен иметь односторонний уклон для беспрепятственного ската воды с полотна на сторону; уклон делают не менее 0,0067, приподнимая внутреннюю рельсовую нитку над наружной на 1 см.

На кривых участках пути уклон, в зависимости от радиуса кривой, изменяют в соответствии с принятым повышением наружной нитки кривой над внутренней. В этом случае перелом поперечного профиля должен быть не на оси междупутья линии, а за наружной кривой.

4. При обособленном полотне и на загородных линиях рельсовые нитки укладывают на прямых участках в одном уровне. Земляному полотну придают поперечный уклон в зависимости от конструкции пути.

Поперечные профили трамвайных путей в городских проездах, как уже указывалось, соответствуют поперечным профилям улиц. На загородных же линиях для трамвайного пути устраивается собственное полотно по типу нормального железнодорожного пути.

Насыпи и выемки в поперечном сечении имеют вид трапеции, построенной в соответствии с углами естественного откоса грунтов.

Крутизна откосов (фиг. 18) измеряется величиной наклона линии к горизонту — отношением высоты откоса к его заложению:

$$i = \operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{l},$$

где: α — угол наклона откоса к горизонту,
h — высота откоса,
l — заложение откоса.

Величину откоса указывают в виде отношения, принимая высоту откоса за единицу; например: 1 : 1, 1 : 1,5; 1 : 2, причем откосы принято называть соответственно одинарным, полуторным, двойным.

Линия сопряжения откоса в насыпи или кювета в выемке с земляным полотном называется бровкой земляного полотна. На поперечном профиле бровка изображается точкой a. В выемке верх откоса называется бровкой откоса выемки (a_1).

§ 16. Сравнение трамвайного пути с железнодорожным

Понятие верхнего строения железных дорог соответствует понятию верхнего строения (рельсы, специальные части) и нижнего строения (или основания) трамвая. Под нижним строением железных дорог понимается земляное полотно. На трамвае же собственно земляное полотно встречается только на загородных линиях, которых меньше 20% общего количества трамвайных путей. Остальная часть трамвайных путей проходит по городским проездам, где земляное полотно отсутствует. Таким образом, нижнее строение или основание трамвайного пути соответствует части верхнего строения железных дорог — балластному слою и шпалам. В этом заключается разница номенклатуры трамвайного и железнодорожного путей.

Основное отличие трамвайного пути от железнодорожного в том, что трамвайный путь, кроме нормальных усилий от подвижного состава, воспринимает динамическую нагрузку от безрельсового транспорта, а возможность прохода безрельсового транспорта по трамвайным путям вызывает необходимость замощения колеи, что отражается на конструкции верхнего и нижнего строения пути.

Вертикальные нагрузки на трамвайный путь от действия подвижного состава как статические, так и динамические, по сравнению с нагрузками на железнодорожный путь, невелики: нагрузка на ось для трамвайного пути — до 13 т при скорости движения около 30—45 км/час, для железнодорожного пути нагрузка на ось более 25 т при скорости движения больше 100 км/час.

Горизонтальные усилия, передающиеся рельсам трамвайного пути, также невелики по сравнению с железнодорожными. Кон-

струкция трамвайного двигателя с зубчатой передачей уменьшает боковую качку моторного вагона. Конструкция же двигателя паровоза, передающая движение от поршня цилиндра посредством кривошипа и шатуна, вызывает значительные горизонтальные усилия.

Уменьшение вертикальной и горизонтальной нагрузки на трамвайные пути, по сравнению с железнодорожными, вызвало в начальный период постройки трамваев неправильный взгляд на работу трамвайных рельсов. Не учитывая специальных условий работы рельсов в трамвайном пути, вначале применяли рельсы более легкого профиля, чем на железных дорогах.

Специальные условия работы трамвайного пути, увеличивающие износ рельсов и сокращающие срок их службы в пути, следующие:

1. Значительное преобладание движущих осей к свободным, ввиду небольших составов трамвайных поездов. Отношение движущих осей к свободным на трамваях обычно от 1 : 1 до 1 : 3, а на железных дорогах — от 1 : 15 до 1 : 40. Износ же рельсов от движущих колес значительно бóльший, чем от свободных.

2. Более частое торможение трамвайных поездов, по сравнению с железнодорожными, вызываемое малыми расстояниями между остановками, а также пересечениями потоков движения безрельсового транспорта.

3. Наличие крутых уклонов, а также кривых малого радиуса.

4. Загрязненность головок рельсов и желобов уличной пылью и песком.

Учитывая эти специальные условия работы трамвайного пути и принимая во внимание значительную интенсивность движения, можно притти к выводу, что конструкция трамвайного пути не должна быть легче конструкции железнодорожного пути. Это подтверждается тем, что срок службы рельсов в трамваях при значительной интенсивности движения, несмотря на меньшие нагрузки, часто оказывается короче срока службы рельсов магистральных железных дорог.

Кроме того, благоустройство городов требует от конструкции трамвайного пути большей неизменяемости, чем от железнодорожного, а расположение трамвайных путей в замощенных проездах вызывает затруднения при осмотре и ремонте пути и значительно удорожает работы. Это также подтверждает выводы о необходимости прочной и надежной конструкции трамвайного пути.

Трамвайный путь в замощенных проездах, в отличие от открытых железнодорожных путей, должен удовлетворять в части благоустройства улиц основным требованиям, предъявляемым к городским автогужевым дорогам. Замощение рельсовой колеи должно создавать благоприятные условия для движения экипажей — устойчивость покрытий и плавное сопряжение их с рельсами. Это требует: 1) наличия желоба вдоль головки рельсов для свободного прохода реборд бандажей колесных скатов подвижного состава и хорошего сопряжения рельсов с мостовой, 2) увеличения высоты рельсов для получения достаточной постели балласта при штучном замощении; 3) прочного основания под мос-

товой, так как движение экипажей по трамвайным путям вызывает дополнительный износ рельсов и разрушающе действует на основание, вызывая общее расстройство пути.

Назначение основания трамвайного пути должно было бы соответствовать назначению шпал и балластного слоя на железных дорогах, заключающемуся в передаче давления от рельсов на грунт и отводе атмосферных и грунтовых вод от основания. Разница в условиях трамвайных и железнодорожных линий состоит в том, что железнодорожный балласт непосредственно подвергается действию атмосферных осадков и должен быть водопроницаем. Вода, попадая в балласт, имеет возможность скатываться по специально спланированному земляному полотну к откосам и уходить открытыми канавами в пониженные точки местности. Трамвайные пути обычно замощены, и отвод воды от основания затруднен и возможен лишь там, где имеются городские водостоки. Верхнее покрытие трамвайных путей иногда делается водонепроницаемым (например, асфальтовое), поэтому требование водопроницаемости балласта становится необязательным. Кроме того, устройство усовершенствованных мостовых требует прочных оснований, а нижнее строение трамвайного пути служит не только основанием для рельсов, но и для мостовой. Следовательно, конструкция нижнего строения трамвайного пути должна существенно отличаться от конструкции оснований железных дорог.

Условия работы трамвайного пути на обособленном полотне почти соответствуют условиям работы железнодорожного пути — путь воспринимает лишь нагрузки от подвижного состава и не имеет мостового покрытия. Поэтому и конструкция его должна быть в основном такая же, как и на железных дорогах.

На прямых участках исправный трамвайный путь при исправном подвижном составе воспринимает, в основном, лишь нормальные вертикальные нагрузки. Однако, даже мелкие неисправности пути или подвижного состава вызывают значительные горизонтальные усилия. Поэтому, конструкция пути на прямых участках, давая гарантию устойчивости пути, в основном, от действия вертикальных нагрузок, должна предусматривать возможные горизонтальные усилия.

На кривых участках пути, в особенности при малых радиусах закруглений, кроме вертикальных нагрузок, трамвайный путь дополнительно воспринимает и значительные горизонтальные усилия и удары от реборд бандажей подвижного состава о головку или губку рельсов. Кроме того, происходит перегрузка наружного рельса, как результат влияния центробежной силы $\frac{mv^2}{R}$, стремящейся вынести вагон наружу кривой, а также возникает значительное трение, боковое между ребордами бандажей колес и головкой или губкой рельса, и трение-скольжение наружного колеса, проходящего по рельсу бóльший путь. Эти условия требуют создания устойчивости рельса от действия вертикальных и горизонтальных нагрузок, разгрузки наружной рельсовой нитки кривой и наиболее благоприятного взаимного распо-

ложения рельсовых ниток. Кроме того, при значительной скорости движения могут иметь место удары подвижного состава при входе на кривую и выходе с нее. Эти явления нарушают плавность движения, вызывают дополнительный износ рельсов и бандажей, создают неудобства для пассажиров.

На узлах условия работы пути, в основном, те же, что и на прямых и кривых участках, но, кроме того, узлы должны создать беспрепятственный переход подвижного состава с одного пути на другой, а также пересечение одного пути другим. Это осуществляется применением стрелочных переводов и пересечений.

Таким образом, условия работы трамвайного пути на прямых, кривых участках и на узлах близки к условиям работы железнодорожного пути. Конструкция же путей в отдельных частях и элементах путевых устройств должна иметь существенное отличие, вызываемое особенностями устройства трамвайного пути в одном уровне с проезжей частью улиц для возможности пропуска движения безрельсового транспорта по трамвайным путям.

ГЛАВА II

УСТРОЙСТВО ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ГОРОДСКИХ И ПРИГОРОДНЫХ ТРАМВАЙНЫХ ЛИНИЙ

§ 17. Понятие о грунтах

Основанием трамвайных линий так же, как и железных дорог, служит земляное полотно, представляющее собой выравненный (смягченный) естественный рельеф местности.

Смягчение рельефа местности для придания линии определенного уклона может производиться за счет выемок или насыпей. Переход из выемки в насыпь происходит через нулевую рабочую отметку.

Земляное полотно по составу неоднородно, так как земляная поверхность (земная кора) состоит из разнообразных грунтов, имеющих различные свойства.

Земная кора состоит, главным образом, из осадочных пород, механические и физические свойства которых зависят, в основном, от крупности слагающих их частиц — гранулометрического или механического состава.

Можно рекомендовать следующую номенклатуру отдельных фракций грунтов по гранулометрическому составу:

Каменные материалы:	Валуны	размером	более			300	мм
	Булыжник	„	от	120	до	300	„
	Галька	„	„	40	„	120	„
Грунты:	Гравелистые	„	„	2	„	40	„
	Песчаные крупные . .	„	„	1	„	2	„
	Песчаные средние . .	„	„	0,5	„	1	„
	Песчаные мелкие . . .	„	„	0,25	„	0,50	„
	Песчаные очень мелкие	„	„	0,05	„	0,25	„
	Пылеватые крупные .	„	„	0,01	„	0,05	„
	Пылеватые мелкие . .	„	„	0,005	„	0,01	„
	Глинистые грубые . .	„	„	0,001	„	0,005	„
	Глинистые тонкие . .	„	меньше			0,001	„

§ 18. Характеристика грунтов

Грунты не бывают собранием одной какой-либо фракции, а представляют собой механическую смесь различных фракций и, в зависимости от преобладания в составе грунта той или иной фракции, по своим свойствам приближаются к свойствам этой фракции и носят соответствующее название.

В соответствии с приведенной выше номенклатурой, рекомендуется следующая классификация грунтов по гранулометрическому составу:

глина тяжелая	— с содержанием	глинистых частиц	больше 60%
глина легкая	— „ „	„ „	от 33 до 60%
суглинок тяжелый	— „ „	„ „	от 20 до 33%
суглинок легкий	— „ „	„ „	от 12 до 20%
супесь тяжелая	— „ „	„ „	от 6 до 12%
супесь легкая	— „ „	„ „	от 3 до 6%
пыль	— „ „	пылеватых „	больше 50%
		и глинистых частиц	до 3%
песок	— с содержанием	пылеватых частиц	меньше 50%
		и глинистых частиц	до 3%

Кроме свойств грунтов, зависящих от крупности фракций, физические и механические свойства их зависят также от степени влажности и плотности грунтов, от геологических и климатических условий, от формы отдельных частиц и от ряда других причин.

Резкое различие свойств глины и песка зависит, главным образом, от размеров и формы их частиц: песок имеет форму угловато-квадратную и довольно крупный размер фракций, а

Таблица 3

Углы естественного откоса в градусах

Наименование грунта	Состояние грунта		
	Сухой	Сырой	Пропитанный водой
Рваный камень	42—48	42—48	42—48
Щебень	35—42	35—42	35—38
Гравий	40	40	35
Крупный чистый песок	30	32	27
Средний песок	28	35	25
Мелкий песок	25	30	20
Супески	35	35	20
Суглинки	50	40	30
Чистая глина	45	35	15
Растительная земля	40	35	25
Торф	40	25	14

глина имеет форму чешуйчато-продолговатую при чрезвычайно-мелких частицах (меньше 0,005 мм). Объем пор в глинистом грунте доходит до 90%; этим объясняется явление набухания глинистого грунта.

Скальные грунты обладают свойствами твердых тел и могут образовывать отвесные стены.

Песчаные и гравийные грунты имеют свойство пропускать через себя воду и, как сыпучие материалы, держаться более или менее крутым откосом под действием трения между частицами грунта.

Грунты, насыщенные водой, теряют связность частиц и не способны держать крутые откосы.

Любой насыпной грунт может устойчиво держаться, имея боковые грани наклоненными к горизонту под определенным углом, называемым углом естественного откоса (табл. 3).

Угол естественного откоса грунта зависит от связности (сцепления) частиц грунта и наличия трения между ними. Силы же сцепления и трения меняются в зависимости от влажности грунта, структуры частиц и других факторов.

Для песчаных и подобных им грунтов угол естественного откоса не зависит от высоты насыпки грунта, а для глины и гли-

Таблица 4

Процент разрыхления грунтов

Категория грунта	Наименование	% первоначального увеличения объема грунта после разработки	Средний % первоначального разрыхления	% остаточного разрыхления
I	Пески и супески . . .	8—17	12	1—2,5
I	Торф растительный грунт, чернозем . . .	20—30	25	3—4
II	Суглинки	14—28	20	1,5—5
III	Глины и тяжелые суглинки	24—30	25	4—7
IV	Тяжелые глины	26—32	29	6—9
IV	Мергель, опоки	33—37	35	11—15
V	Скальные породы . . .	30—45	33	10—20
VI	Скальные тяжелые породы	45—50	47	20—30

нистых грунтов, с повышением высоты отсыпки, естественный откос становится более пологим, так как оползание глинистых грунтов, в отличие от песчаных, происходит по вогнутой криволинейной поверхности.

При обмерах земляных работ в насыпях для перевода объемов разрыхленных грунтов и скальных пород в плотное состояние пользуются таблицей разрыхления грунтов и скальных пород (табл. 4).

§ 19. Испытание грунтов

Свойства основных грунтов, с которыми приходится иметь дело при устройстве трамвайного пути и которые, главным образом, относятся к рыхлым, сыпучим осадочным породам, большей частью зависят от крупности слагающих их частиц — гранулометрического их состава.

Определение гранулометрического состава упрощенным способом производится для установления содержания в грунте песчаных частиц (крупнее 0,05 мм), пылеватых частиц (от 0,005 до

0,05 мм) и глинистых (мельче 0,005 мм). Для этого необходимо иметь две мензурки емкостью по 100 см³ и стеклянную палочку.

Количество песка определяют отмучиванием грунта в воде. Для этого грунт, предварительно просушенный и просеянный для удаления крупных частиц (крупнее 2 мм), насыпают в мензурку в количестве 10 см³, после чего доливают водой до 100 см³ и перемешивают стеклянной палочкой. Через 1—2 мин. воду на 90% осторожно сливают и заменяют чистой. Затем опять перемешивают и дают отстояться. Так поступают до тех пор, пока вода не станет прозрачной. Это укажет на то, что частицы грунта мельче 0,05 мм удалены и остаток на дне мензурки будет содержать частицы крупнее 0,05 мм (песок) и их объем, отнесенный к взятому объему (10 см³) составит процент содержания песка в грунте.

Время отстаивания перемешанного в мензурке грунта с водой устанавливают из расчета, что скорость осадки частиц в 0,05 мм соответствует скорости 2 мм/час.

Количество глины определяют на основании свойства ее при взмучивании в воде увеличиваться в объеме. Для определения насыпают в мензурку такое количество грунта, чтобы после уплотнения постукиванием мензурки о какой-нибудь упругий предмет получилось 5 см³ грунта. После этого наливают 50—60 см³ воды и размешивают грунт стеклянной палочкой до тех пор пока на стенках мензурки исчезнут глиняные мазки. Затем доливают воды до 100 см³, перемешивают и дают отстояться в течение 1—2 суток. Когда уровень осевшего грунта станет постоянным, определяют приращение объема грунта на 1 см³ его в сухом состоянии.

Количество глины в грунте в процентах указано в экспериментальной табл. 5.

Таблица 5

Приращение на 1 см.³ — см³	% глины	Приращение на 1 см.³ — см³	% глины
4,0	90,70	1,75	39,68
3,75	85,03	1,50	34,0
3,50	79 36	1,25	23,34
3,25	73,67	1,0	22,67
3,0	68,01	0,75	17,0
2,75	62,35	0,50	11,34
2,50	56,68	0,25	5,66
2,25	51,01	0,12	2,72
2,0	45,35		

Количество пыли определяют вычитанием процентов песка и глины из 100%.

Пример: 1) При отмучивании 10 см³ грунта получилось 7 см³ осадка, что составляет 70% песка.

2) Увеличение объема сухого грунта при смешивании его с водой составило 7,5 см³. Это дает приращение на 1 см³, равное $\frac{7,5-5}{5} = 0,50$ см³, что по табл. 5 соответствует содержанию глины в 11,34%.

3) Количество пыли получается равным 100—70—11,34 = = 18,66%.

§ 20. Земляное полотно в проезжей части улицы

Поверхность земляного полотна трамвайного пути в проезжей части улицы служит дном котлована, вырываемого для размещения конструкции пути.

Основная особенность поверхности земляного полотна в проезжей части улиц, по сравнению с полотном загородных открытых линий, заключается в том, что поверхность земляного полотна представляет собой корыто, вырываемое в грунте, которое собирает в себе воду, в то время как поверхность земляного полотна железнодорожных путей быстро отводит воду на сторону.

Поэтому, вопросу отвода воды на городских линиях приходится уделять весьма большое внимание и устраивать для этой цели сложные сооружения.

Земляная поверхность под проезжей частью улиц может состоять из разнообразных грунтов, часто меняющихся, а иногда представляющих собой насыпной грунт из смеси различных грунтов со строительными отходами и мусором. Ввиду этого условия для работы трамвайного пути бывают весьма разнообразными.

Земляное полотно служит основанием, на котором располагается конструкция пути и от устойчивости которого зависит устойчивость и сохранность пути. Качество земляного полотна служит одним из условий, влияющих на выбор конструкции нижнего строения пути и системы водоотвода. Поэтому, во всех случаях необходимо знать состав земляного полотна и качество подстилающих грунтов.

Чтобы правильно решить вопрос о выборе конструкции пути, необходимо знать качество грунтов, составляющих земляное полотно на глубине до 1,5—2 м от поверхности земли (или проезжей части улицы). Исследование грунтов на такой глубине обычно производится при помощи шурфования — рытья колодцев или шурфов, имеющих круглое или квадратное сечение диаметром или стороной квадрата около 0,7—1 м. При особо слабых грунтах стенки шурфа укрепляют досками или пластинами. Однако, при такой небольшой глубине это не требуется, так как не только твердые, но и мягкие породы могут держаться, не обваливаясь, тем более, что шурф немедленно после взятия проб засыпают.

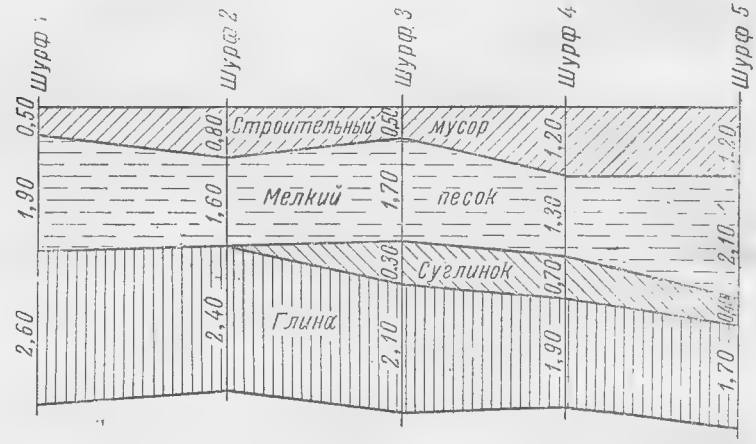
На основании взятых проб определяют гранулометрический состав грунта, его категорию в соответствии с приведенной выше номенклатурой. После этого вычерчивают геологический разрез земной коры по трассе линии, чтобы получить наглядное предста-

вление о составе и свойствах грунтов под трамвайными путями (фиг. 19).

Шурфы для геологического разреза обычно берут по оси междупутья.

Однако, качество основания под трамвайные пути зависит не только от состава грунтов. От земляного полотна требуется еще равномерная упругость. Постоянство же упругости грунта зависит, главным образом, от физического состояния грунта.

В зависимости от увеличения или уменьшения влажности грунта изменяется его упругость, и грунт, а вместе с ним и вся



Фиг. 19. Геологический разрез земляного полотна.

конструкция пути, будут работать неравномерно. Эта неравномерность работы может повести к различной по высоте осадке не только в направлении продольной оси, но и в поперечном сечении пути.

Кроме того, с повышением влажности грунта уменьшается допускаемое на него давление. Например, на глинистый или суглинистый грунт средней плотности в состоянии естественной влажности (сухой грунт) допускается давление в 1,5 кг/см², на тот же грунт в очень влажном состоянии (мокрый грунт) нельзя допускать давления больше 1,0 кг/см².

Поэтому, кроме выяснения типов грунтов и их гранулометрического состава, необходимо устанавливать степень влажности грунтов, высоту уровня грунтовых вод, хотя в городских условиях она большей частью бывает значительно ниже уровня работающего грунта, так как при устройстве различных подземных сооружений (водопровода, канализации) уровень грунтовых вод автоматически понижается.

Если уровень грунтовых вод находится в пределах обследуемой глубины шурфования, то его нужно показать на геологическом разрезе.

Глубина котлована или отметки земляного полотна по отношению к отметке головки рельса определяется в зависимости от принятой конструкции пути и при обычных типах конструкций находится в пределах 0,5—0,6 м. При такой незначительной глубине нет необходимости устраивать края котлована с откосом, можно безопасно ограничить его вертикальными стенками. Поэтому, поперечное сечение котлована представляет собой трапецию, двумя параллельными сторонами которой служат вертикальные стенки, а дно котлована и верхняя его линия имеют уклон.

Дну котлована во всех случаях придают уклон или к оси междупутья, если по оси проходит дренаж, или в сторону уличного лотка, если дренаж не устраивают. Величину уклона, в зависимости от грунта земляного полотна и конструкции нижнего строения пути, принимают от 0,01 до 0,03.

Планировка дна котлована с уклоном способствует сохранности земляного полотна. Вода, просачивающаяся через нижнее строение пути к земляному полотну, не застаивается в пределах расположения конструкции пути и не создает угрозы неравномерной влажности грунта, разжижения его и в отдельных случаях потери устойчивости.

Ширину земляного полотна принимают наименьшую, необходимую для размещения конструкции пути. При шпальном основании ширина равна длине шпалы 2,7 м, увеличенной на зазоры в обе стороны от торца шпалы до стенки полотна по 0,15—0,25 м, что составляет 3,0—3,2 м. Свободное положение шпал с зазорами у торцов необходимо для более равномерного распределения давления на грунт и для возможности рихтовки пути.

§ 21. Земляное полотно в непроезжей части улиц — обособленное полотно

Земляное полотно в непроезжей части улиц обычно принципиально не отличается от земляного полотна в проезжей части улицы за исключением глубины его по отношению к проезжей части, которая бывает меньше за счет того, что при устройстве обособленного полотна головка трамвайного рельса приподнимается над проезжей частью улиц на 0,15—0,25 м. В этом случае отметка дна котлована для устройства пути будет соответственно на 0,15—0,25 м выше, а котлован окажется более мелким, но будет обладать теми же недостатками, так как представляет собой корыто, в котором должны быть предусмотрены водоотводные устройства.

Отметка головки рельса в направлении продольной оси трамвайной линии при расположении ее в одном уровне с проезжей частью улиц идет параллельно отметкам проезжей части. Поэтому, глубина котлована при определенной конструкции пути будет одинакова на всем протяжении линии. Если же трамвайную линию строят на обособленном полотне, то отметки головки рельсов, приподнимаемые над проезжей частью улиц, к местам

пересечений линии с поперечными проездами постепенно уменьшают до уровня отметок проездов, а затем опять повышают. В этом случае глубина земляного корыта будет иметь переменную величину в соответствии с принятым продольным профилем пути.

§ 22. Земляное полотно загородных трамвайных линий

Земляное полотно загородных линий не отличается от обычного железнодорожного полотна и представляет собой основание для расположения конструкции пути.

В зависимости от положения верха земляного полотна трамвайной линии по отношению к вертикальным отметкам существующей поверхности земли (к черным отметкам) земляное полотно устраивают в насыпи (если оно выше черных отметок) или в выемке (если оно ниже черных отметок). Редко земляное полотно устраивают в уровень с поверхностью земли (в нулевых отметках).

С технической точки зрения предпочтение нужно отдавать земляному полотну в насыпи, так как при этом получается лучший отвод воды от полотна.

Вода не застаивается на полотне и не понижает качеств грунтов, составляющих земляное полотно.

Ширину земляного полотна загородных трамвайных линий измеряют от бровки B до бровки B_1 (фиг. 20) и устанавливают в зависимости от принятого расстояния между осями путей (для двухпутной линии), габаритов и конструкции пути и грунта земляного полотна.

В соответствии с этим ширина земляного полотна двухпутной трамвайной линии:

$$L = l + 2m + 2n + 2S,$$

где: l — расстояние между осями путей,
m — расстояние от оси пути до бровки балластной призмы,
n — заложение откоса балластной призмы, равное высоте балластной призмы, умноженной на коэфициент откоса,
S — ширина обочин.

При однопутной линии $l = 0$ и формула для определения ширины земляного полотна принимает вид:

$$L_1 = 2m + 2n + 2S,$$

Принимая минимальное расстояние между осями путей, допускающее постановку опор для контактного провода на междупутьи:

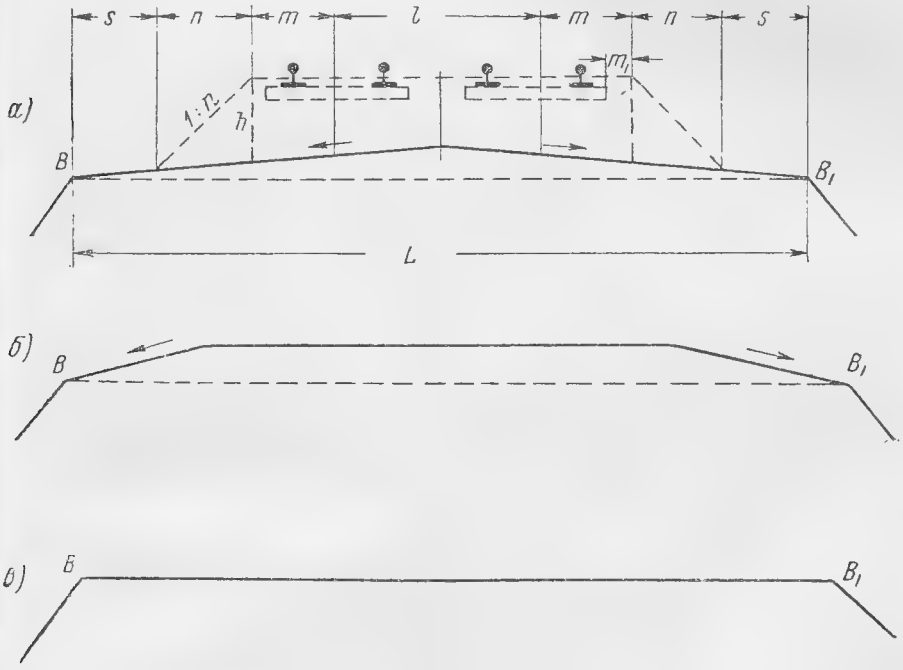
$l = 3424$ мм,
$m = 1550$ » ,
$h = 455$ » ,
$i = 1{,}5$ » ,
$S = 500$ » ,

имеем $n = hi = 455 \times 1{,}5 \times 683$ мм и получаем величину минимальной ширины земляного полотна двухпутной линии

$$L = 3424 + 2 \times 1550 + 2 \times 683 + 2 \times 500 = 8890 \text{ мм.}$$

Расстояние между осями путей *I* принимают нормальное при широком междупутьи, которое действует на трамвае, так как в большей части на загородных линиях опоры для подвески контактного провода устанавливают по оси междупутья.

Расстояние от оси пути до бровки балластной призмы берут из расчета необходимой величины засыпки торцов шпал m_1, которую обычно принимают равной 150—200 мм. При длине шпал в 2700 мм это расстояние будет равно 1500—1550 мм.



Фиг. 20. Верхняя поверхность земляного полотна.

Заложение *n* откоса балластной призмы определяют в соответствии с крутизной откосов балласта (1 : 1 для щебня и 1 : 1,5 для песка) и высотой балластной призмы. Высота эта зависит от толщины балластного слоя под шпалой (от 20 до 35 мм) и типа засыпки (до уровня верхней постели шпалы или до подголовка рельса).

Ширину обочины *S*, представляющую собой расстояние между бровкой земляного полотна и подошвой откоса балластной призмы, во всех случаях принимают не менее 500 мм. Обочина предназначается для сохранности откоса балластной призмы и придания ей дополнительной гарантии в отношении устойчивости. Обочину делают более широкой при грунтах, легко деформирующихся от атмосферных и механических влияний. Кроме того, ее иногда уширяют, чтобы использовать для складывания материалов и инструментов при эксплоатации линии.

Форма верхней поверхности земляного полотна должна создать надежный отвод атмосферных вод, попадающих в основание пути. С этой целью ей придают наклонное очертание от оси линии к бровкам и она называется водосливной призмой.

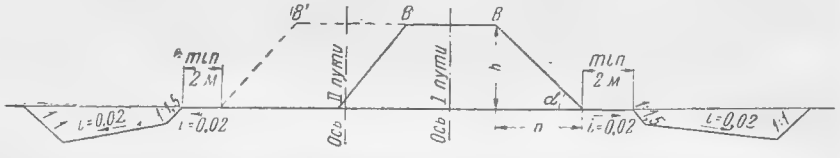
Водосливная призма наиболее часто имеет форму треугольника (фиг. 20-а), главным образом, для двухпутных линий или трапеции (фиг. 20-б), применяемое большей частью для однопутных линий.

При водопроницаемых грунтах — песчаных, гравелистых — верхнюю площадку земляного полотна делают плоской (фиг. 20-в).

§ 23. Земляное полотно в насыпи

Поперечное сечение земляного полотна в насыпи имеет форму трапеции. Ограничение земляных масс наклонными плоскостями-откосами, крутизна которых находится в зависимости от применяемых грунтов, создает необходимую устойчивость полотна.

Нормальный поперечный профиль земляного полотна в насыпи показан на фиг. 21.



Фиг. 21. Нормальный поперечный профиль земляного полотна в насыпи.

Крутизна откосов насыпи определяется отношением $h : n = \operatorname{tg}\alpha$ высота насыпи, деленная на заложение откоса, равна тангенсу угла наклона линии откоса к горизонту.

Значения угла α для наиболее употребительной крутизны откосов равны:

При откосе 1 : 1 $\alpha = 45°$ $\operatorname{tg}\alpha = 1{,}0$,
1 : 1,5 $\alpha = 33°41'$ $\operatorname{tg}\alpha = 0{,}67$,
1 : 2 $\alpha = 26°34'$ $\operatorname{tg}\alpha = 0{,}5$,
1 : 0,1 $\alpha = 84°18'$ $\operatorname{tg}\alpha = 10{,}0$.

Если для возведения насыпи используют грунт, привозимый из других мест, то земляное полотно ограничивается собственно насыпью; если же грунт для насыпи берут из резервов, располагаемых вдоль трассы (см. фиг. 21), то и резервы входят в понятие земляного полотна и полосы отвода земли под пути трамвая.

Для лучшей устойчивости насыпи и предохранения ее от выпирания или подмыва между полотном насыпи и резервом оставляют берму шириной не менее 2 м.

Крутизна откосов земляного полотна в насыпи зависит от применяемых грунтов и высоты насыпи.

1. Для обломков легковыветривающейся скалы:
при высоте насыпи до 12 м — откосы принимают 1 : 1,5,
выше 12 м » » 1 : 1,75.
2. Для крупного и среднезернистого песка и гравелистых грунтов:
при высоте насыпи до 10 м откосы принимают 1 : 1,5,
выше 10 м » » 1 : 1,75.
3. Для всех прочих грунтов, годных для возведения насыпей:
при высоте насыпи до 6 м откосы принимают 1 : 1,5,
выше 6 м » » 1 : 1,75.

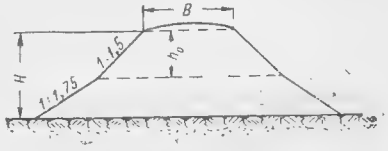
При применении для насыпей слабых и легко поглощающих воду грунтов и материалов вводят следующие ограничения:

1. Торф применяют для насыпей не выше 3 м; торф должен быть разбит на мелкие куски и снаружи прикрыт слоем земли толщиной 0,5 м для предохранения от возгорания.

2. Дерн кладут только в откосы насыпи.

3. Мел используют при условии защиты его сверху слоем обыкновенного грунта толщиной не менее 2 м.

4. Трепел используют при условии принятия мер предохранения его от размокания.



Фиг. 22. Поперечный профиль высокой насыпи.

5. Талковую глину используют для насыпей не выше 3 м.

6. Солончаковые и гипсоносные грунты применяют при наличии защиты их от размокания и с покрытием обыкновенным грунтом слоем толщиной 1 м.

7. Мелкие (пылевидные) насыщенные водой пески, пухлые солончаки в насыпи не допускаются.

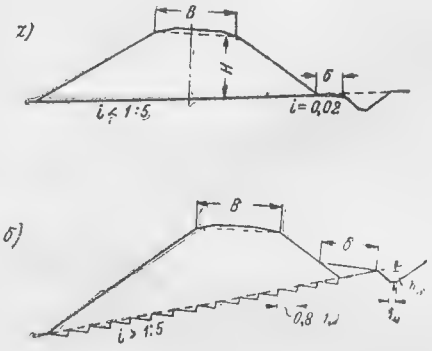
Иногда при высоте насыпей больше 6 м откосы делают в верхней части насыпи нормальной крутизны 1 : 1,5, а в нижней части более пологими 1 : 1,75 (фиг. 22).

Резервы, закладываемые для получения грунта для насыпи, кроме того служат устройствами, отводящими воду от основания насыпи. Эту работу резервы выполняют в особенности в том случае, когда их закладывают с нагорной стороны. Поэтому, дно резервов должно иметь продольный уклон не менее 0,002 и поперечный уклон в сторону от полотна пути не менее 0,02. Берму в этом случае планируют с таким же поперечным уклоном.

Особые меры приходится принимать для насыпей, расположенных на косогорах — в местности, имеющей значительный поперечный уклон, с целью создания необходимой устойчивости земляных масс, составляющих насыпь. На косогоре свеженасыпанная насыпь, в особенности если ее сооружают из глины, может сползти по уклону вниз и вызвать разрушение насыпи и путевого устройства. Для противодействия этому принимаются следующие меры:

а) если поперечный уклон косогора менее 20%, то для предохранения от оползания достаточно снять дерновый покров и устроить с нагорной стороны водоотвод от основания насыпи (фиг. 23 *а*);

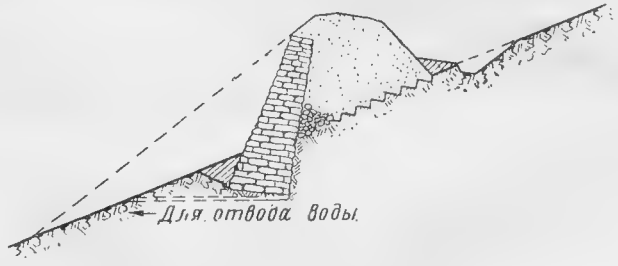
б) при поперечном уклоне в 20% и более основание насыпи обделывают уступами шириной 0,8—1,2 м, а при пологих косогорах и до 2,0 м (фиг. 23 *б*).



Фиг. 23. Поперечный профиль насыпи на косогоре.

Иногда для большей устойчивости уступам придают обратные уклоны. Это возможно только при наличии большого продольного уклона, иначе вода будет застаиваться в уступах и нарушать их прочность;

в) с нагорной стороны во всех случаях поверхностная вода должна быть перехвачена нагорными канавами, не допускающими ее к насыпи. Размеры поперечного сечения нагорных канав принимают по расчету, но ширину по дну и глубину принимают не менее 0,6 м. Откосы нагорных канав делают крутизной 1 : 1,5, а продольный уклон не менее 0,002; лишь как исключение допускают уклон 0,001. Берму *в* между канавой и подошвой насыпи делают шириной не менее 2 м с уклоном от насыпи к канаве не менее 0,02.



Фиг. 24. Подпорная стенка в насыпи.

Уклон может быть осуществлен за счет срезки земли или подсыпки грунта;

г) если крутизна косогора близка к крутизне откосов насыпи, то насыпь получается слишком широкой и объем земляных работ слишком большим. В этом случае с подгорной стороны устраивают подпорные стенки из каменной кладки (фиг. 24), которые поддерживают откос насыпи от разрушения и заменяют собой пологие земляные откосы. Подпорная стенка может выдер-

живать определенное боковое давление земли, сопротивляясь опрокидыванию и сдвигу.[1]

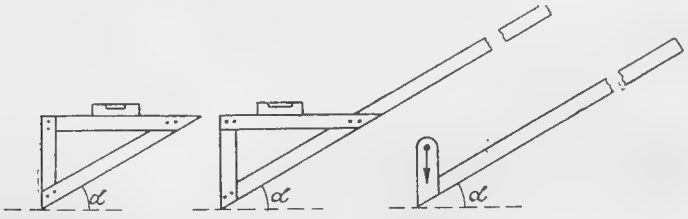
Откосы насыпи в пределах разлива рек должны быть специально укреплены от размыва водой; кроме того, ниже уровня затопления их делают более пологими. Бровка насыпи должна возвышаться над наивысшим уровнем воды, с учетом подпора ее и высоты волны, не менее чем на 0,5 м.

§ 24. Разбивка насыпей

Разбивкой насыпей на месте устанавливают положение бровки земляного полотна и подошвы насыпи на поперечном профиле.

Разбивку ведут при помощи простейших инструментов: ленты, рулетки, рейки, уровня и откосного лекала.

Откосное лекало представляет собой прямоугольный треугольник с удлиненной гипотенузой, изготовленный из тонких досок



Фиг. 25. Откосные лекалы.

или брусков таким образом, что когда один катет установлен вертикально, а другой горизонтально — гипотенуза дает линию откоса насыпи или выемки. Таким образом, для каждой крутизны откоса должен быть изготовлен отдельный треугольник с определенным соотношением катетов.

Лекало устанавливают в надлежащее положение при помощи уровня, который укладывают на горизонтальный катет, или при помощи отвеса, прикрепленного к вертикальному катету (фиг. 25); гипотенуза будет соответствовать положению линии откоса насыпи.

При расположении насыпей на ровной местности от обозначенной на местности колышками или вехами оси земляного полотна отмеряют в обе стороны перпендикулярно оси половину ширины земляного полотна $\frac{B}{2}$, и забивают колышки, указывающие местоположение бровки земляного полотна. От бровки отмеряют заложение откоса насыпи, определяемое расчетом: при одинарном откосе — равное высоте насыпи, при полуторном — полуторной высоте, и забиваются колышки, соответствующие подошве насыпи.

---

[1] Расчет подпорных стенок разбирается в курсе строительной механики.

Таким образом, подошва откоса будет отстоять от оси пути на расстоянии

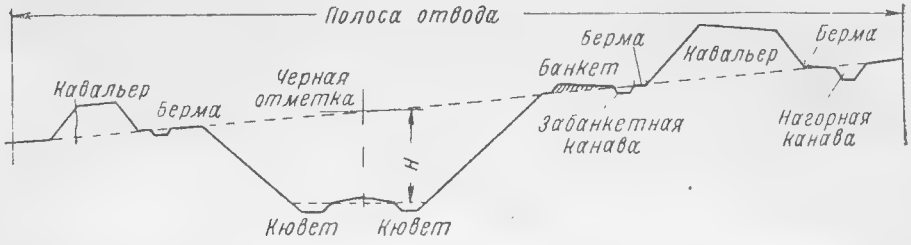
$$L = \frac{B}{2} + nH,$$

где: B — ширина земляного полотна, H — высота насыпи, n — коэфициент откоса насыпи.

§ 25. Земляное полотно в выемке

Нормальный поперечный профиль земляного полотна в выемке показан на фиг. 26.

Земляное полотно делают такой же ширины, как и в насыпи, но с обеих сторон его устраивают водоотводные канавы —



Фиг. 26. Нормальный поперечный профиль земляного полотна в выемке.

кюветы, имеющие большей частью постоянное сечение. Кюветы служат для осушения земляного полотна (для понижения уровня грунтовых вод) и для отвода поверхностных вод с полотна пути и откосов.

Для предохранения откоса от излишнего стока воды с поверхности земли, расположенной выше верхней бровки откоса выемки, с нагорной стороны отсыпают банкеты с поверхностным уклоном от выемки 0,02—0,03 и устраивают забанкетные канавы для отвода воды от выемки. Далее за бермой, имеющей вместе с банкетом ширину не меньше 5 м, отсыпают при необходимости кавальер, представляющий массы грунта, выкапываемые из выемок при их сооружении.

Кавальеры можно отсыпать с одной стороны или с обеих сторон выемки.

С нагорной стороны, кроме того, за кавальером, а при отсутствии его, непосредственно за бермой устраивают нагорную канаву, которая служит для отвода воды с верхового бассейна земной поверхности.

При незначительных рабочих отметках земляного полотна на косогорах для осуществления проектного поперечного профиля может потребоваться частью подсыпка, а частью выемка грунта.

Такой поперечный профиль носит название полунасыпи-полувыемки (фиг. 27) и представляет собой с нагорной стороны

выемку с кюветами, нагорными канавами, а с подгорной — насыпь с устройством при необходимости уступов.

Устройство выемок и полувыемок на косогорах может вызвать нарушение устойчивости земляных масс. Слои земной коры будут перерезаны, равновесие лежащих выше слоев грунта на косогоре нарушено, и может произойти оползание. Это необходимо иметь в виду, если слои грунта наклонены в сторону уклона поверхности земли.

Крутизну откосов выемки в зависимости от ее глубины и характера грунтов принимают:

1) глины, суглинистые, супесчаные и песчаные грунты однородного напластования — 1 : 1,5,

2) Казахстанский и Средне-Азиатский лёсс — 1 : 0,1,

3) щебнистые грунты, мергель, мел, в зависимости от свойств грунта, характера напластования и высоты откоса — от 1 : 1,5 до 1 : 0,5,

4) слабовыветривающиеся скалы в зависимости от свойств грунта, характера напластования и высоты откоса — от 1 : 1,5, до 1 : 0,2.

Фиг. 27. Полунасыпь-полувыемка.

Выемка должна быть ограждена от попадания в нее или на откосы воды. Для этого вода должна быть своевременно перехвачена продольными канавами, коптажем ключей, дренажными канавами и другими устройствами.

§ 26. Разбивка выемок

Разбивкой выемок устанавливают на месте положение бровки выемки на каждом данном поперечном профиле.

При расположении выемок на ровной местности от оси полотна линии откладывают в обе стороны перпендикулярно оси половину ширины земляного полотна $\frac{B}{2}$ плюс ширину кювета по верху l_0 и забивают колышки, указывающие начало откоса выемки. От них отмеряют заложение откоса выемки, определяемое расчетом, и забивают колышки, соответствующие бровке выемки.

Таким образом, бровка выемки будет отстоять от оси пути на расстоянии:

$$L' = \frac{B}{2} + l_0 + nH = b + nH,$$

где: $b = \frac{B}{2} + l_0$ — половина ширины земляного полотна плюс ширина кювета поверху,

n — коэфициент откоса выемки,

H — глубина выемки.

§ 27. Расчет канав (кюветов)

Расчет канав (кюветов) заключается в определении их размеров, необходимых для пропуска ожидаемого наибольшего (рас-

четного) количества воды при заданной скорости ее движения и при условии, чтобы грунт или материал укрепления канав не размывался и канава не засорялась осаждающимися, взвешенными в воде, частицами.

Площадь живого сечения кювета определяется по формуле

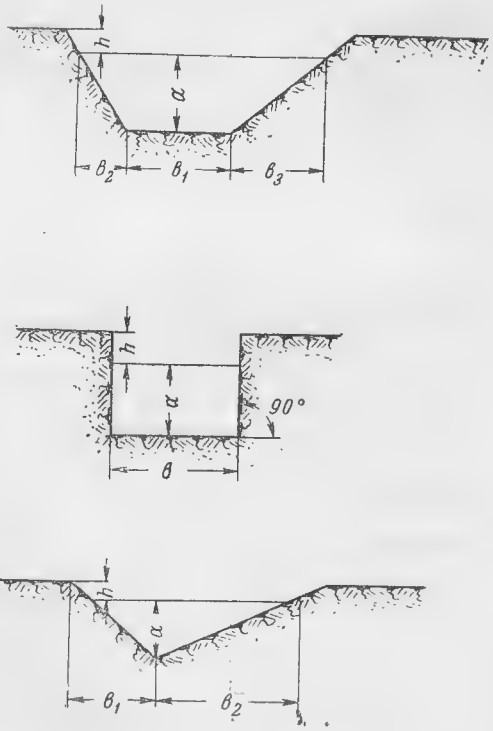
$$\omega = \frac{Q}{v} \text{ м}^2,$$

где: Q — расход воды в канаве в м³/сек.,

v — средняя скорость течения воды в м/сек.

Живым сечением канавы называется площадь сечения воды в канаве, перпендикулярная направлению средней скорости движения воды.

Количество воды, притекающее к канаве в единицу времени, определяется в зависимости от конфигурации и площади бас-



Фиг. 28. Поперечное сечение водоотводных канав.

сейна, а также от климатических и гидрологических условий данного района.

Средняя скорость течения воды в канаве близка к наибольшей скорости течения по дну, а так как размываемость грунта или материала укрепления канавы зависит от скорости течения воды,

то необходимо определить лишь среднюю скорость. Для этой цели служит эмпирическая формула Шези:

$$v = C\sqrt{Ri},$$

где: v — средняя скорость протекания воды, м/сек,
R — подводный гидравлический радиус, м,
i — продольный уклон дна канавы,
C — эмпирический коэфициент, зависящий от грунта и подводного радиуса потока.

Гидравлический радиус $R = \frac{\omega}{p}$,

где: ω — площадь живого сечения канавы.
p — смоченный периметр — длина смоченной поверхности по данному живому сечению.

Площадь живого сечения ω, смоченный периметр p и гидравлический радиус R для простейших, наиболее употребительных сечений канав определяют по следующим формулам (фиг. 28).

а) для трапецоидального сечения:

$$\omega' = ab_1 + \frac{ab_2}{2} + \frac{ab_3}{2} = a\left(b_1 + \frac{b_2 + b_3}{2}\right),$$

$$p = b_1 + \sqrt{a^2 + b_2^2} + \sqrt{a^2 + b_3^2},$$

$$R = \frac{\omega}{p} = \frac{a\left(b_1 + \frac{b_2 + b_3}{2}\right)}{b_1 + \sqrt{a^2 + b_2^2} + \sqrt{a^2 + b_3^2}};$$

б) для прямоугольного сечения:

$$\omega = ab,$$

$$p = a + b + a = 2a + b,$$

$$R = \frac{\omega}{p} = \frac{ab}{2a + b};$$

в) для треугольного сечения:

$$\omega = \frac{a(b_1 + b_2)}{2},$$

$$p = \sqrt{a^2 + b_1^2} + \sqrt{a^2 + b_2^2},$$

$$R = \frac{\omega}{p} = \frac{a(b_1 + b_2)}{2\sqrt{a^2 + b_1^2} + \sqrt{a^2 + b_2^2}}.$$

Для определения коэфициента C в формуле Шези существуют различные способы. Наиболее проста и близка к практическим результатам формула Базена, по которой

$$C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{R}},$$

где γ — коэфициент шероховатости, зависящий от характера русла канавы (табл. 6 на стр. 50).

В формуле Базена коэфициент шероховатости γ изменяется от 0,06 до 1,75 в зависимости от обделки русла.

По степени шероховатости Базен делит все русла на шесть категорий.

Таблица

Значение коэфициента шероховатости в формуле Базена

	Характер стенок русла	γ
1	Очень гладкие стенки (строганые доски, гладкая цементная штукатурка)	0,06
2	Гладкие стенки (нестроганые доски, кирпичная кладка, бетонные и чугунные трубы, весьма хорошая бетонировка)	0,16
3	Негладкие стенки (хорошая бутовая кладка, посредственная бетонировка)	0,46
4	Грубо обделанные стенки (грубая бутовая кладка, грубая бетонировка, замощение булыжником, плотные, незаросшие землистые грунты, стенки, высеченные в скале)	0,85
5	Земляные стенки в обычном состоянии (сюда же относятся мощеные, но несколько заросшие русла)	1,30
6	Земляные русла, оказывающие особо сильное сопротивление, при плохом содержании, значительных водорослях, скалистом с валунами или крупногалечном дне	1,75

Таблица 7

Значение коэфициента C по формуле Базена

R	γ					
	0,06	0,16	0,46	0,85	1,30	1,75
0,05	68,5	50,7	28,4	18,1	12,8	9,9
0,10	73,1	57,7	35,5	23,6	17,0	13,3
0,15	75,3	61,5	39,7	27,2	19,9	15,8
0,20	76,7	64,1	42,9	30,0	22,3	17,7
0,25	77,6	65,9	45,3	32,2	24,2	19,3
0,30	78,4	67,3	47,3	34,1	25,8	20,7
0,35	79,0	68,4	48,8	35,7	27,2	22,0
0,40	79,4	69,4	50,4	37,1	28,5	23,1
0,45	79,8	70,2	51,6	38,4	29,6	24,1
0,50	80,2	70,9	52,7	39,5	30,6	25,0
0,60	80,7	72,1	54,6	41,4	32,5	26,7
0,70	81,1	73,0	56,1	43,1	34,1	28,1
0,80	81,5	73,8	57,4	44,6	35,5	29,4
0,90	81,8	74,4	58,6	45,9	36,7	30,6
1,0	82,0	75,0	59,6	47,0	37,8	31,6
1,5	82,9	76,9	63,2	51,3	42,2	35,8
2,0	83,4	78,1	65,6	54,3	45,3	38,9
3,0	84,0	79,6	68,7	58,3	49,7	43,3
4,0	84,4	80,5	70,7	61,0	52,7	46,4
5,0	84,7	81,2	72,1	63,0	55,0	48,3
10,0	85,3	82,8	75,9	68,5	61,6	56,0
20,0	85,8	84,0	78,8	73,0	67,3	62,5

Наиболее употребительны коэфициенты $\gamma = 0{,}85$ и $1{,}30$.

Коэфициент C в формуле Базена, как видно из формулы, зависит от величины R и γ, поэтому его определение может быть легко сведено в табл. 7 (см. стр. 50).

Таблица 8

Значения $v = C\sqrt{Ri}$ **при** $C = \dfrac{87}{1 + \dfrac{\gamma}{R}}$ и $\gamma = 0{,}85$

Гидравлический радиус	Уклон русла i							
	0,001	0,002	0,004	0,006	0,01	0,02	0,05	0,10
0,10	0,24	0,33	0,47	0,58	0,75	1,05	1,67	2,36
0,15	0,33	0,47	0,67	0,82	1,05	1,49	2,36	3,34
0,20	0,42	0,60	0,85	1,02	1,34	1,90	3,00	4,24
0,30	0,59	0,84	1,18	1,45	1,87	2,64	4,18	5,90
0,40	0,74	1,05	1,48	1,82	2,35	3,32	5,25	7,42
0,60	1,02	1,44	2,03	2,49	3,21	4,54	7,18	10,16
0,80	1,26	1,78	2,52	3,09	3,99	5,64	8,92	—
1,0	1,49	2,10	2,97	3,64	4,70	6,65	10,52	—
1,4	1,89	2,68	3,79	4,64	5,99	8,47	—	—
1,8	2,26	3,20	4,52	5,53	7,15	10,10	—	—
2,0	2,43	3,43	4,86	5,95	7,68	—	—	—
3,0	3,20	4,52	6,40	7,83	10,11	—	—	—
4,0	3,86	5,46	7,72	9,46	—	—	—	—
5,0	4,46	6,30	8,91	—	—	—	—	—

Таблица 9

Значения $v = i\sqrt{Ri}$ **при** $C = \dfrac{87}{1 + \dfrac{\gamma}{R}}$ и $\gamma = 1{,}30$

Гидравлический радиус	Уклон русла i							
	0,001	0,002	0,004	0,006	0,01	0,02	0,05	0,10
0,10	0,17	0,24	0,34	0,42	0,54	0,76	1,20	1,70
0,15	0,24	0,34	0,49	0,60	0,77	1,09	1,73	2,45
0,20	0,31	0,45	0,63	0,77	1,0	1,41	2,23	3,15
0,30	0,45	0,63	0,89	1,09	1,41	2,0	3,16	4,47
0,40	0,57	0,81	1,14	1,40	1,80	2,54	4,03	5,69
0,60	0,80	1,12	1,59	1,95	2,52	3,56	5,63	7,96
0,80	1,0	1,42	2,01	2,46	3,17	4,49	7,10	10,03
1,0	1,20	1,69	2,39	2,93	3,78	5,35	8,46	—
1,4	1,55	2,19	3,10	3,80	4,90	6,93	10,97	—
1,8	1,88	2,65	3,75	4,59	5,93	8,38	—	—
2,0	2,03	2,86	4,05	4,96	6,41	9,07	—	—
3,0	2,72	3,85	5,45	6,67	8,61	—	—	—
4,0	3,33	4,71	6,67	8,17	—	—	—	—
5,0	3,89	5,50	7,78	9,53	—	—	—	—

Таким образом, можно свести в таблицу и значение скорости по формуле Шези $v = C\sqrt{Ri}$ с коэфициентом C, вычисленным по формуле Базена (табл. 8 и 9 на стр. 51).

Расчет канав ведут следующим образом. Определяют:

1) поперечное сечение канавы и вычисляют величину площади живого сечения воды ω с учетом необходимого запаса h от уровня воды в канаве до верхнего ее края,

2) длину смоченного периметра p,

3) подводный гидравлический радиус $R = \frac{\omega}{p}$,

4) продольный уклон канавы i,

5) эмпирический коэфициент C,

6) среднюю скорость течения воды $v = C\sqrt{Ri}$.

После этого находят расход воды в канаве по формуле

$$Q = v\omega.$$

Этот расход сравнивают с расчетным расходом, полученным в зависимости от площади и характеристики бассейна, т. е. с таким, который канава должна пропустить, и он не должен отличаться от расчетного расхода воды в канаве больше, чем на 5%. Если разница в расходах получится больше 5%, то необходимо будет изменить продольный уклон канавы, или площадь живого сечения, а следовательно, и сечения канавы или род укрепления канавы и повторять расчет до тех пор, пока разница в принятом и расчетном расходе воды будет меньше 5%.

Кроме того, необходимо проверить устойчивость русла канавы на размыв. Для этого сравнивают полученную скорость v, которая близка к максимальной скорости течения воды по дну канавы, с максимально-допускаемой скоростью v, зависящей от свойств грунтов и их укрепления (табл. 10). Между этими скоростями должна существовать зависимость: $v \leqslant v_0$.

Для предохранения канавы от осаждения взвешенных в воде частиц и засорения ими канав желательно не допускать среднюю скорость движения воды v меньше 0,10 м/сек. При меньших скоростях придется часто производить очистку канав.

Обычно принимают следующие практические нормы основных данных для канав:

продольный уклон дна — не менее 0,003, в исключительных случаях 0,001;

наибольший продольный уклон — в зависимости от качества естественного грунта или от способов укрепления дна и откосов канав;

при естественном (песчано-глинистом) грунте наибольший допускаемый уклон 0,008 и в исключительных случаях не более 0,010;

при одерновке дна и откосов до 0,03;

при мощении дна до 0,05.

Во избежание размыва дна и откосов при уклоне более 0,05, рекомендуется прибегать к устройству перепадов со смягчением уклонов дна до 0,003—0,005.

Откосы канав (кюветов и лотков), продольный уклон которых круче 0,03, а также в выемках песчаных, супесчаных и слабоглинистых, должны быть одернованы.

Таблица 10

Значения максимально-допускаемой скорости течения воды в канаве

	Грунт или род укрепления канавы	v_0 м/сек
1	Илистый грунт	0,10—0,15
2	Мелкий песок, мягкая глина	0,25—0,35
3	Песок средний и крупный, мелкий гравий, хрящ, лёсс, одиночная дерновка	0,60—0,80
4	Супески, суглинки	0,40—0,75
5	Глина средней плотности	0,90
6	Крупный гравий, плотный песок с гравием, мелкая галька	1,0
7	Хрящеватый грунт, крупная галька	1,20
8	Плотная твердая глина, галька с камнем, мелкий камень, мягкие скальные породы, дерновка внахлестку	1,50
9	Крупный камень, средние скальные породы, дерновка в стенку	1,80
10	Слоистые горные породы разрушенные, одиночная мостовая	2,0
11	Слоистые горные породы неразрушенные, двойная мостовая	3,0
12	Твердые скальные породы (неслоистого сложения)	4,0
13	Лоток из бутовой и бетонной кладок, каменная наброска в плетневых клетках	4,50
14	Деревянный лоток	6,0

Наименьшая ширина дна кювета должна быть 0,40—0,50 м.

Наименьшая глубина кювета должна быть 0,4 м.

Крутизна заложения откосов кюветов — 1 : 1,5, а в плотно глинистых грунтах — 1 : 1.

§ 28. Подсчет объема земляных работ

Городская трамвайная линия

Объем земляных работ при сооружении трамвайной линии в уровень с проезжей частью улицы подсчитывают по формуле:

$$V = BhL \text{ м}^3,$$

где: B — ширина котлована, м,

h — глубина котлована за вычетом высоты мостовой, м,

L — длина участка линии, м.

Глубина котлована определяется принятой конструкцией пути и рассчитывается от уровня покрытия проезжей части. Если красные отметки головки рельса отличаются от отметок проезжей части улиц, то вводят соответствующую поправку.

Высота мостовой зависит от крупности камня. Для учета объема земляных работ ее принимают на 30—40% меньше средней

высоты камня. Обычно глубину котлована при булыжной мостовой уменьшают на 8—10 см (при крупности камня 12—15 см).

Загородная трамвайная линия

Подсчет земляных работ загородных линий производят по продольному и поперечным профилям по упрощенной формуле:

$$V = \frac{(\omega_1 + \omega_2)}{2} L \quad \text{или} \quad V = \omega L \ м^3,$$

где V — объем земляных работ между двумя смежными профилями, м³,

ω_1 — площадь поперечного сечения насыпи или выемки первого поперечного профиля, м²,

ω_2 — площадь поперечного сечения насыпи или выемки второго поперечного профиля, м²,

L — расстояние между поперечными профилями, м,

ω — площадь поперечного сечения насыпи или выемки для сечения при средней отметке $\frac{h_1 + h_2}{2}$, расположенной по середине между профилями.

Однако, подсчет по данной формуле дает неточные результаты.

Объем земляной массы между двумя смежными поперечными профилями близок к объему призматоида, поэтому в приведенную выше формулу необходимо ввести поправку v, зависящую от крутизны откосов поперечных профилей:

при откосе 1 : 1 $\quad v = \frac{L}{12}(h_2 - h_1)^2$,

при откосе 1 : 1,5 $\quad v = \frac{L}{8}(h_2 - h_1)^2$,

при откосе 1 : 2 $\quad v = \frac{L}{6}(h_2 - h_1^2$,

где L — расстояние между поперечными профилями,

h_1 и h_2 — соответствующие профилям красные отметки.

Уточненный объем земляных работ между двумя смежными профилями:

$$V_1 = V + v \ м^3.$$

Для подсчета земляных работ имеются таблицы, которые с достаточной точностью позволяют быстро получать необходимые результаты.

§ 29. Малые искусственные сооружения

К малым искусственным сооружениям при устройстве трамвайных путей относятся мосты малых пролетов и трубы.

В настоящее время разработаны конструкции труб, пропускающих расход воды до 60, а иногда и до 100 м³/сек. Поэтому, тру-

бы могут конкурировать с мостами, так как имеют ряд преимуществ:

а) создается однообразная упругость и непрерывность полотна путей,

б) уменьшаются эксплоатационные расходы из-за отсутствия пролетного строения мостов, требующего большего ухода,

в) удлиняется продолжительность службы сооружения,

г) уменьшается затрата рабочей силы и материалов.

Детально все виды больших и малых искусственных сооружений изучаются в специальном курсе «Искусственные сооружения», поэтому здесь даны краткие сведения о некоторых наиболее употребительных типах труб и лотков, применяемых при сооружении загородных трамвайных линий.

Трубы сооружают из дерева, камня или бетона, железобетона и металла.

Для устройства трамвайных путей преимущественно употребляются железобетонные или деревянные трубы.

Каменные и бетонные трубы устраивают на месте работ; железобетонные и деревянные могут быть изготовлены на стройплощадке (на заводе) или на месте работ. Металлические трубы изготовляют только на заводе и затем собирают на месте.

Трубы сооружают в пониженных точках местности, причем русло рекомендуется спрямить по возможности так, чтобы ось трубы была перпендикулярна оси земляного полотна.

Каменные и бетонные трубы бывают коробового очертания или овоидальные пролетом от 1 до 6 м, с расходом от 1,5 до 62 м/сек. Для трамвайных путей каменные и бетонные трубы не имеют большого применения.

Железобетонные трубы. Наибольшее распространение получили круглые железобетонные трубы диам. 0,75; 1,0; 1,25; 1,5; 1,75; 2,0 м в одно, два, три и четыре очка, длиной звеньев по 1,0 или 0,7 м.

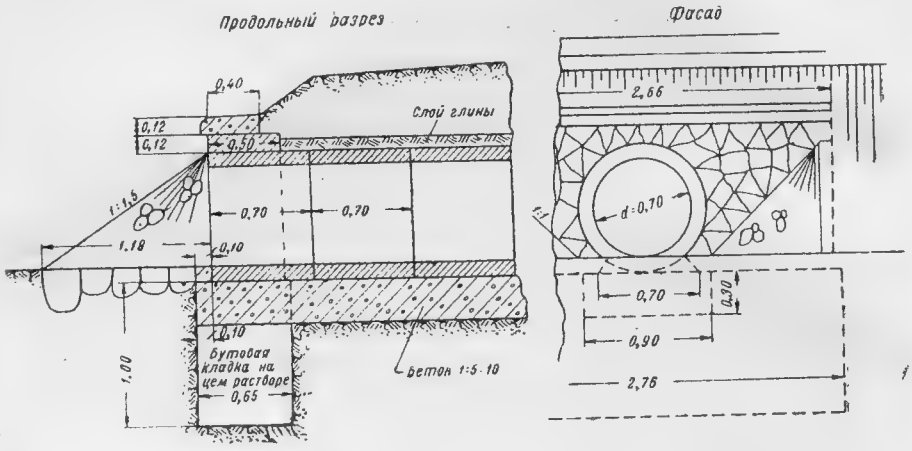
Таблица 11

Пропускная способность круглых железобетонных труб

Диаметр трубы, м	Наибольшая высота насыпи, м	Наименьшая высота насыпи, м	Глубина воды в трубе м	Глубина воды перед трубой, м	Площадь заполнения, м²	Скорость воды, м/сек.	Расход воды, м³/сек			
							одного очка	двух очков	трех очков	четырех очков
0,75	6,0	0,94	0,38	0,56	0,22	1,92	0,34	0,68	1,02	1,36
1,0	10,0	1,21	0,50	0,75	0,39	2,21	0,69	1,38	2,07	2,76
1,25	10,0	1,47	0,63	0,94	0,61	2,48	1,21	2,42	3,63	4,84
1,50	Неограничена	1,73	0,75	1,12	0,89	2,71	1,93	3,86	5,79	7,72
1,75	„	1,95	0,88	1,1	1,20	2,94	2,82	5,64	8,46	11,28
2,0	„	2,25	1,0	1,50	1,57	3,13	3,94	7,88	11,82	15,76

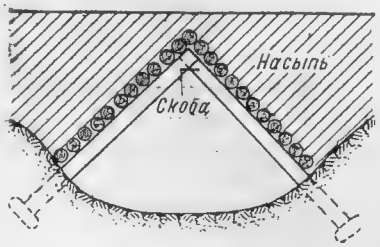
Основные данные, гидравлические элементы и пропускаемые расходы воды для железобетонных труб приведены в табл. 11.

Наибольшая высота насыпи при трубах малых диаметров ограничивается условиями возможной их очистки. При большой высоте насыпи трубы получаются очень большой длины, что затрудняет очистку их при диаметре менее 1,5 м.



Фиг. 29. Круглая железобетонная труба.

Железобетонные трубы устраивают на фундаменте из трамбованной глины со щебнем, а при слабых илистых грунтах из тощего бетона слоем толщиной до 0,4 м. В местах же входного и выходного звеньев устраивают бутовый или бетонный фундамент со шпорой, заложенной на глубину промерзания, но не менее 1,5 м. Подводящие и отводящие русла замащивают сначала двойной мостовой с постепенным переходом к одиночной, а трубу обделывают оголовком.



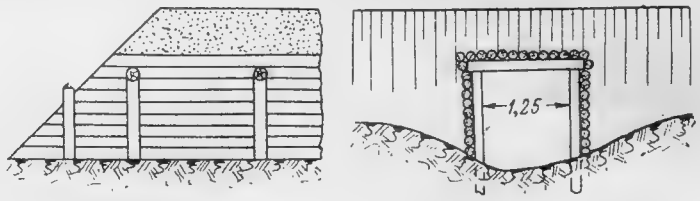
Фиг. 30. Деревянная труба треугольного сечения.

Стыки труб бетонируют по сетке Рабитца, после чего производят изоляцию труб просмолкой их по джуту, а иногда и без него. Кроме того, желательно прикрыть трубу слоем трамбованной глины толщиной в 0,1 м (фиг. 29).

Для увеличения пропускной способности устраивают трубы с повышенными звеньями или работающие полным сечением — подпорные. При устройстве подпорных труб стыки звеньев должны быть наглухо заделаны, чтобы не допускать фильтрации воды.

Деревянные трубы и лотки. Деревянные трубы нужно применять, главным образом, как временные сооружения. Срок их

службы даже при применении сухого пропитанного леса сравнительно невелик, а переустройство трубы на постоянную вызывает значительные дополнительные затраты средств и рабочей силы. Поэтому, на постоянной трассе трамвайного пути рекомендуется применять железобетонные или другие постоянные трубы ввиду дефицитности в отдельных случаях цемента и металла и простоты

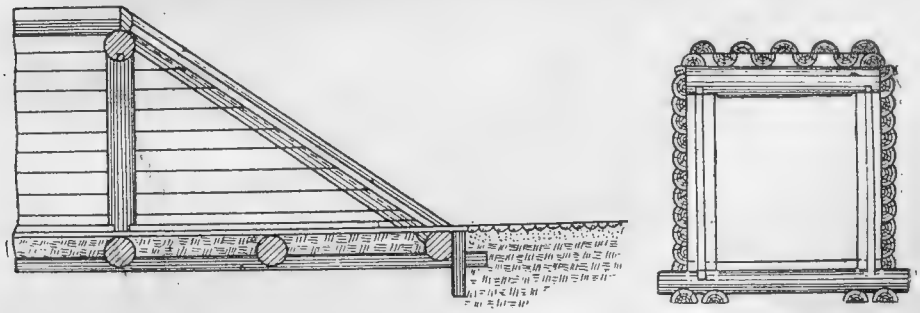


Фиг. 31. Деревянная труба прямоугольного сечения.

устройства. Но деревянные трубы при сооружении трамвайных путей имеют еще широкое распространение.

Деревянные трубы применяют различной конструкции и сечения. Наибольшее распространение имеет прямоугольная и треугольная форма сечения, реже — круглая.

Простейшая труба треугольного сечения показана на фиг. 30. Труба состоит из наклонных стоек, вверху врубленных друг в друга



Фиг. 32. Деревянная труба прямоугольного сечения на лежнях.

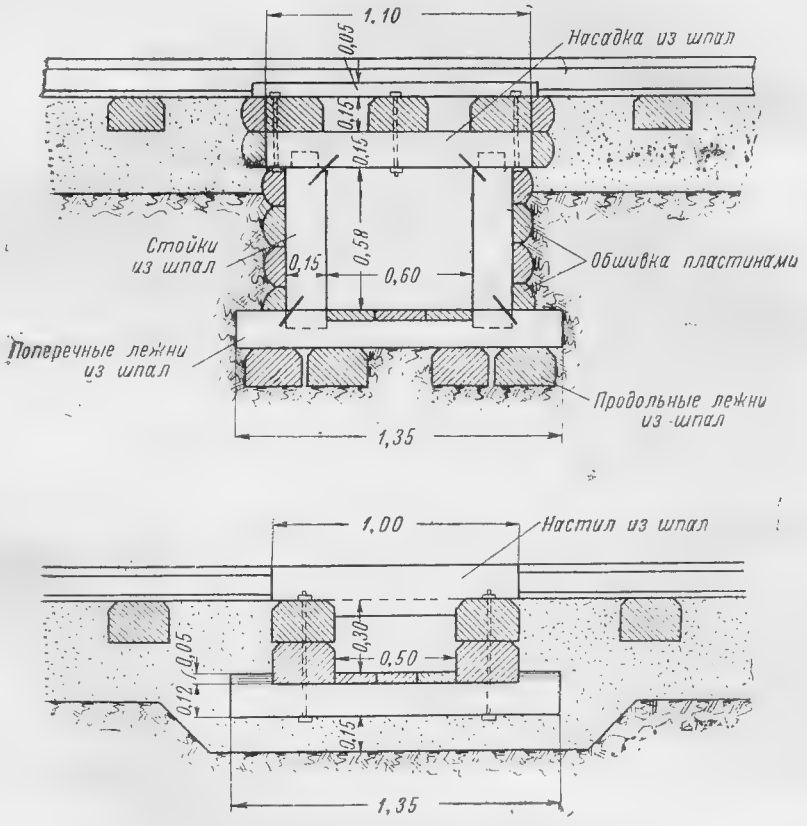
в полдерева и соединенных скобой. Нижние концы стоек врыты в землю и опираются на деревянные лежни или на постелистые камни с целью уменьшения давления на грунт. Поверх стоек укладывают вплотную пластины или бревна.

На фиг. 31 показана деревянная труба прямоугольного сечения. В ней верхний брус уложен на сваи и соединен с ними шипами. Верхний накат уложен вдоль трубы. Иногда вместо верхнего бруса на сваи укладывают насадки вдоль трубы и накат располагают поперек трубы. В этом случае между сваями вверху необходимо поставить горизонтальные распорки.

Дно трубы при необходимости может быть укреплено мостовой.

Несколько более сложные трубы устраивают на основании из деревянных лежней — пластин и вяжут в виде рам (фиг. 32).

Боковые стены прямоугольной и треугольной труб соединяют в четверть, чтобы не происходило вымывание земляной засыпки при проходе воды.



Фиг. 33. Деревянные лотки.

Верхний накат прямоугольной трубы устраивают из пластин вразбежку. Можно его устраивать также соединяя пластины в четверть.

Нижний дощатый лоток, показанный на чертеже, можно не устраивать, если подстилающий грунт выдерживает расчетные скорости течения воды.

При слабых грунтах продольные лежни заменяют насадкой из бревен, укладываемой на сваи.

При небольших насыпях, а также при пересечении трамвайной линии с дорогами, вместо труб устраивают открытые или закрытые лотки (фиг. 33).

§ 30. Специальные условия устройства земляного полотна на подходах к мостам и путепроводам

Земляное полотно при подходе к мостам и путепроводам на загородных линиях уширяется до величины $B_0 + 1{,}0$ м, где B_0 — ширина устоя моста или путепровода в метрах. Уширение это производится в том случае, если величина $B_0 + 1{,}0$ м больше ширины земляного полотна B:

$$B_0 + 1{,}0 \geqslant B.$$

Уширение производится с таким расчетом, чтобы на протяжении 10 м от устоя оно свелось к нулю.

При отсутствии подпорных стенок насыпь в сторону отверстия моста обделывают полуторным откосом, образующим конусы по бокам моста, сопряженные под мостом наклонной плоскостью.

На городских проездах насыпь полотна пути у моста обычно ограничивается вертикальной подпорной стеной.

При сооружении земляного полотна на подходах к мостам и путепроводам, а также в первое время эксплоатации, необходимо учитывать, что в сопряжении земляного полотна с пролетным строением моста резко меняется упругость основания и, следовательно, для верхнего строения пути это место будет слабым, требующим особых устройств и тщательного ухода.

Кроме того, земляное полотно даже при самом тщательном устройстве с течением времени будет давать осадку. Эта осадка в месте сопряжения насыпи с устоем моста или путепровода резко выявляется как местная просадка пути. Это происходит потому, что пролетное строение моста осадки не дает, а рядом лежащее земляное полотно дает осадку. Величина осадки зависит от высоты насыпи и тщательности уплотнения насыпи при ее возведении и достигает иногда значительного размера, небезопасного для движения. Поэтому, насыпи в месте сопряжения с мостами и путепроводами рекомендуется устраивать из грунта хорошего качества при тщательном его уплотнении. После сдачи линии в эксплоатацию в первые годы нужно вести тщательное наблюдение за ее осадкой и своевременно принимать меры к исправлению просадок.

§ 31. Укрепление откосов

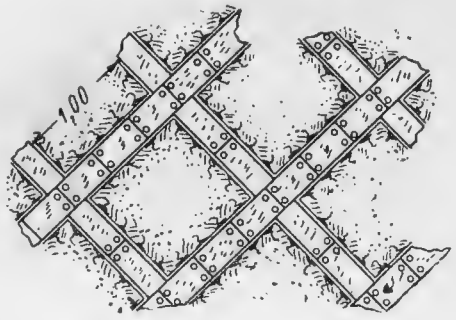
Откосы насыпей и выемок для предохранения от действия атмосферных осадков укрепляют различными способами.

Самый простой способ это засеивание откоса травой. Способ этот состоит в том, что по бровке откоса укладывают один ряд дернин шириной 20—25 см сплошной лентой заподлицо с откосом, а остальную часть откоса обсыпают растительной землей слоем 4—5 см и засеивают какой-либо травой или злаком. Иногда же при подборе соответствующих семян, в зависимости от грунта земляного полотна, можно обойтись и без подсыпки растительной земли. Например, по песчаному грунту хорошо засеивать овсом, по глине — смесью тимофеевки и клевера.

Но этот способ требует посева весной или осенью и будет действовать только после того, как трава укрепится на откосе. Кроме того, семена не должны быть сдуты ветром или смыты водой. Поэтому, такой способ укрепления откосов не вполне надежен.

Наиболее распространенные способы укрепления откоса — это одерновка его в клетку (крестами) или сплошная и мощение.

Одерновка в клетку состоит в том, что по откосу укладывают ленту из дерна по двум взаимно-перпендикулярным направлениям под углом 45° к оси полотна с таким расчетом, чтобы получились квадраты со стороной от 1 до 2 м. Середины квадратов между лентами дерна засыпают растительной землей слоем, равным толщине дерна, и засеивают травой (фиг. 34).



Фиг. 34. Одерновка откосов в клетку.

Нормальный размер дернин 20×25, 20×50, 20×40 и 30×50 см при толщине от 6 до 9 см. Дернины должны иметь правильную форму и ровные края. Не рекомендуется снимать дерн с лугов на песчаных грунтах и с болотистых мест.

Каждую дернину прибивают к откосу четырьмя тонкими деревянными шпильками длиной около 15 см. Шпильки применяют преимущественно из свежесрубленного ивняка и из других легко прорастающих пород дерева.

Если нельзя оставить откос без укрепления до тех пор, пока прорастет посев, то применяют сплошную одерновку. В этом случае дерн укладывают лентами параллельно бровке с перевязкой швов между ними и прибивкой каждой дернины 3—4 шпильками.

Откосы круче 45° (уклон 1 : 1) укрепляют дерновкой в стенку. Сплошные ленты дерна укладывают на откос горизонтальными или нормальными к поверхности откоса рядами. Дернины каждого слоя прибивают к нижележащим несколькими спицами; в результате получается достаточно прочная подпорная стенка. Лицевая поверхность дернин должна быть срезана под одну плоскость.

Откосы, подверженные большому количеству проточной воды, движущейся со значительной скоростью (например, откосы крутых канав), укрепляют каменной одиночной или двойной мостовой. Для мощения применяют камень высотой обычно 10—18 см. Мощение производится на мху, щебне, навозе или соломе, чтобы из-под камня не вымывался грунт, с соблюдением перевязки швов и тщательным трамбованием.

Укрепление мостовой свеженасыпанных насыпей быстро расстраивается в результате осадки насыпи. Значительно лучше ведут себя растительные укрепления, так как они после осадки насыпи быстро зарастают, тогда как мостовую приходится перемащивать.

Кроме перечисленных наиболее употребительных способов укрепления откосов применяют еще многие другие, например, каменную наброску для укрепления подводных частей береговых откосов и предохранения их от подмыва, с устройством плетневых клеток из прутьев, когда грунт дает повод опасаться легкого выветривания или оползания, а иногда и с устройством между ними одерновки; укрепление фашинами-пучками, длиной 3—6 м и толщиной 0,3 м, из прутьев лиственных пород леса, прибиваемых кольями.

ГЛАВА III

УСТРОЙСТВО НИЖНЕГО СТРОЕНИЯ ТРАМВАЙНЫХ ПУТЕЙ

§ 32. Типы оснований трамвайных путей

Нижнее строение или основание трамвайных путей предназначено для передачи земляному полотну нагрузки, получаемой рельсами от подвижного состава. Поэтому устойчивость трамвайного пути в целом, главным образом, зависит от качества основания.

Требования, предъявляемые к основаниям трамвайных путей в городских проездах, должны учитывать не только устойчивость и долговечность самого пути, но и благоустройство городов и сводятся к следующему:

а) Основание должно быть устойчивым, не иметь просадок и не допускать прогиба рельсов, могущего служить причиной расстройства мостовой.

б) Рельсы, во избежание горизонтальных и вертикальных перемещений, должны быть скреплены с основанием.

в) Основание должно свободно пропускать грунтовые и поверхностные воды, во избежание разрушительного их действия.

г) Основание должно быть упругим, во избежание жестких ударов и для уменьшения шума при проходе подвижного состава.

д) Основание должно давать гарантию устойчивости верхнего покрытия путей.

Основания трамвайных путей делятся на шпальные и бесшпальные.

К преимуществам шпальных оснований можно отнести их упругость, устойчивость и взаимную неизменяемость рельсовых ниток, более равномерное распределение нагрузки на грунт и сравнительную бесшумность, простоту в процессе производства работ, дешевизну и удобство ремонта без перерыва движения трамвая.

К недостаткам шпальных оснований относятся не вполне удовлетворительная устойчивость мостовых покрытий, загнивание деревянных шпал и малая их долговечность.

К преимуществам бесшпальных оснований относится отсутствие материалов, подверженных загниванию, и лучшая устойчивость верхнего покрытия из-за отсутствия разнородных поперечин.

К недостаткам бесшпальных оснований относится большая их жесткость, раздельная работа рельсовых ниток, неравномерная передача давления от рельса к основанию и земляному полотну.

Шпальные основания по роду балласта делятся на шпально-песчаные, шпально-щебеночные и шпально-бетонные. По материалу шпал — на основания с деревянными, железобетонными и металлическими шпалами.

Бесшпальные основания делятся в основном на каменные (щебеночные) и бетонные.

К бесшпальным основаниям можно отнести также основания на продольных деревянных брусьях.

Наибольшее распространение в СССР на трамваях получили шпальные основания.

§ 33. Назначение и работа балластного слоя

Шпальное основание состоит из двух частей: шпал и балластного слоя. Шпалы представляют собой поперечины, служащие упругими опорами для рельсов, рассматриваемых как неразрезные многопролетные балки. Назначение шпал — передать давление от рельсов через балластный слой земляному полотну. В практике трамваев СССР и заграничных за последнее время преобладает укладка пути на деревянных шпалах с щебеночным или песчаным балластом. Опыты укладки пути на деревянных шпалах, втопленных в бетон, себя не оправдали и в настоящее время шпальные основания устраивают исключительно на упругом щебеночном или песчаном балласте.

Назначение балласта под шпалами заключается в следующем:

1) передавать давление от шпал земляному полотну так, чтобы трамвайный путь при движении подвижного состава испытывал только упругие деформации, исчезающие после прохождения вагона (удаления нагрузки); земляное полотно, устраиваемое из различных грунтов, этому условию не удовлетворяет; например, если оно устроено из глинистого грунта, то в сырое время будет происходит значительная осадка и будут наблюдаться остающиеся деформации;

2) увеличивать устойчивость пути, кроме того, обладать способностью пропускать через себя воду и тем содержать рельсовую колею в сухом виде; препятствовать перемещению шпал;

3) уменьшать вредное ударное действие подвижного состава, представляя упругую подушку, которая, смягчая удары, сохраняет путевое устройство и подвижной состав;

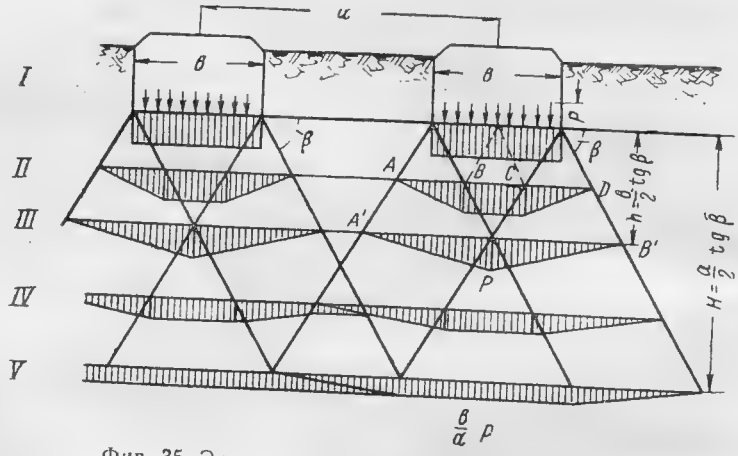
4) предохранять подвижной состав от пыли.

Этим условиям в известной степени удовлетворяет балласт из щебня, гравия и песка, — из твердых сыпучих материалов. Они хорошо пропускают воду и обладают достаточной силой трения и сцепления даже в смоченном водой состоянии, чтобы не давать остающихся деформаций, и в то же время дают некоторую упругость осадки, обладают способностью распределять сосредоточенное давление на большую площадь.

Лучший балласт, в большей степени удовлетворяющий указанным требованиям — это балласт из щебня. Хорошим считается также балласт из гравия, но он из-за округлости зерен отличается

большей подвижностью, так как характеризуется меньшими силами внутреннего трения между частицами. Песок, если он крупнозернистый и не содержит большого количества примесей глинистых и пылеватых частиц, также может служить хорошим материалом для балласта. Кроме этих материалов, в качестве балласта могут быть использованы доменные шлаки, однако, при условии, чтобы они не содержали серы и были кислыми, не распадающимися от воздействия атмосферных влияний.

Из строительной механики известно, что сыпучие тела, будучи подвержены вертикальной нагрузке, передают давление под определенным углом к вертикали. Угол передачи давления зависит от



Фиг. 35. Эпюры давления от шпалы в балласте.

угла трения между частицами сыпучего тела. Поэтому, при одинаковой толщине щебня и песка щебень передает давление на большую площадь, чем песок, так как угол трения у него будет больше.

Рассмотрим работу балластного слоя под действием нагрузки от подвижного состава и передачу давления от шпалы через балласт земляному полотну.

Примем, что давление от шпалы на балласт одинаково по всей ширине шпалы и распространяется вниз под определенным углом по прямым линиям и в разрезе представит собой форму трапеции (фиг. 35). Чем больше высота балластного слоя, тем давление на грунт будет меньше, так как оно распространится на большую площадь.

В сечении I непосредственно под нижней постелью шпалы давление будет равномерно распределенным и равно

$$p = \frac{P}{lb} \text{ кг/см}^2,$$

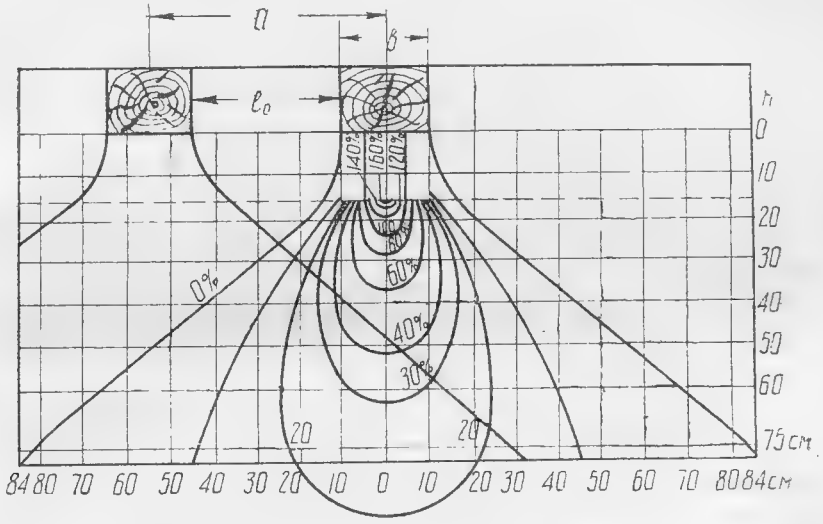
где P — давление от рельса на шпалу, кг,
l — половина длины шпалы, см,
b — ширина нижней постели шпалы, см.

В сечении II эпюра давлений имеет вид трапеции, причем на участке BC давление равномерное, а на участках AB и CD уменьшается по закону прямой.

В сечении III на глубине $h = \frac{b}{2} \operatorname{tg} \beta$ давление под осью шпалы равно удельному давлению p от шпалы в сечении I и в точках $A'B'$ падает до нуля.

Во всех этих сечениях давления от соседней шпалы не перекрываются, и земляное полотно оказывается нагруженным не непрерывно — средняя часть его не нагружена.

В сечении IV начинает сказываться влияние соседней шпалы, постепенно выравнивая удельное давление на грунт. В этом се-



Фиг. 36. Интенсивность давления в балласте.

чении уже все земляное полотно нагружено, но не равномерно: под шпалой нагрузка максимальная и равномерная, а между шпалами постепенно уменьшается, в средней части между шпалами равномерная, но меньшей величины, и увеличивается по направлению к соседней шпале и, наконец, в сечении V на глубине $H = \frac{a}{2} \operatorname{tg} \beta$, (где a — расстояние между осями шпал) давление становится равномерным на всем протяжении земляного полотна вдоль продольной оси пути. Хотя эпюра давления от каждой шпалы и представляет форму трапеции, но ввиду перекрытия треугольной ее части равновеликим треугольником давления от соседней шпалы, давление уравновешивается и будет равно

$$p_1 = \frac{b}{a} p \text{ кг см}^2,$$

где: b — ширина нижней постели шпалы, см,
a — расстояние между осями шпал, см,
p — удельное давление от шпалы на балласт, кг/см².

Одно из условий правильной работы балластного слоя заключается в равномерном распределении давления от подвижного состава через рельс и шпалу на земляное полотно. Это необходимо потому, что если одна часть грунта будет недогружена или даже совсем не нагружена, а другая перегружена, то на перенапряженных участках могут образоваться балластные корыта (впадины), ухудшающие водоотвод и приводящие к преждевременному износу конструкции пути.

Произведенными в последнее время опытами и исследованиями передачи давлений в балласте установлено, что интенсивность давления под шпалой в балласте изменяется по кривым линиям. На диаграмме фиг. 36 даны кривые разных интенсивностей давления для одной шпалы в процентах удельного давления на балласт на уровне нижней постели шпалы. Кривые показывают, что выравнивание давления на земляное полотно происходит на значительной глубине и находится в зависимости от расстояния между шпалами. На небольших глубинах (до 20 см) давление непосредственно под шпалой превышает удельное на величину до 160%, что объясняется суммированием давлений от отдельных частиц балласта.

§ 34. Способы расчета толщины балластного слоя

Толщина слоя балласта зависит от: а) нагрузки на рельсы; б) скорости движения поездов; в) допускаемого давления на грунт; г) типа шпал и расстояния между их осями; д) типа рельсов; е) рода балласта.

Точность теоретических данных, входящих в расчетные формулы, определяющие давление на балласт, распределение давления в балласте, допускаемые давления (напряжения) на грунт, не абсолютна, так как приходится иметь дело с материалами, обладающими непостоянной характеристикой. Например, передача давлений в различных балластах, отличающихся по материалу, плотности, крупности и прочности зерен, происходит по различным кривым; свойства грунтов зависят от структуры, степени влажности, плотности, что в значительной степени меняет их физико-механические свойства. Поэтому предлагаемые для расчета формулы нужно рассматривать только как дающие ориентировочные значения искомых величин.

Для расчета толщины балластного слоя и давления на грунт существует ряд формул, которые в конечном результате определяют допускаемые давления на земляное полотно.

Наиболее простая формула определения толщины балласта под шпалой, учитывающая прямолинейное распространение давления в балласте (см. фиг. 35)

$$H = \frac{a}{2} \operatorname{tg} \beta,$$

где: H — толщина балластного слоя,

a — расстояние между осями шпал,

β — угол наклона образующей конуса давления к горизонту.

Если обозначить удельное давление, передаваемое шпалой на балласт, p, то удельное давление на глубине H будет

$$p_1 = \frac{b}{a} p.$$

В качестве примера подставим в приведенные выше формулы числовые значения: $p = 2{,}5$ кг/см²; $a = 60$ см; $b = 25$ см; $\beta = 45°$; $\operatorname{tg}\beta = 1{,}0$; тогда

$$H = \frac{a}{2} \operatorname{tg}\beta = \frac{60 \cdot 1{,}0}{2} = 30 \text{ см},$$

$$h = \frac{b}{2} \operatorname{tg}\beta = \frac{25 \cdot 1{,}0}{2} = 12{,}5 \text{ см},$$

$$p_1 = \frac{b}{a} p = \frac{25 \cdot 2{,}5}{60} = 1{,}04 \text{ кг/см}^2.$$

Расстояние между осями шпал имеет большое влияние на нормальную толщину балластного слоя. Например, если принять расстояние между осями шпал 50 см, то нормальная толщина балластного слоя будет уже не 30, а 25 см.

Полученную нормальную толщину балластного слоя, при которой давление на грунт будет равномерным, нельзя считать окончательно принятой. Эта величина должна быть увязана с допу-

Таблица 12

Допускаемое давление на различные грунты, кг/см²

	Наименование грунта	Состояние грунта	
		сухие и естественной влажности	очень влажные и мокрые
1	Ил, торф, растительная земля, чернозем	0,5	0,25
2	Растительная земля, плотно слежавшаяся	1,0	0,5
3	Лёсс и лёссовидный суглинок	1,5	0
4	Слабый глинистый и суглинистый грунты со включением ила	0,5	0,25
5	Глинистый и суглинистый грунт средней плотности	1,5	1,0
6	Плотный глинистый и суглинистый грунты в зависимости от мощности слоя	2,0—2,5	1,25—1,75
7	Мелкий песок	0,75	0,50
8	Мелкий песок, плотно слежавшийся	1,0	0,75
9	Песок средней крупности плотно слежавшийся, в зависимости от мощности слоя	1,5—2,0	1,0—1,5
10	Песок крупный, плотно слежавшийся	3,5	3,0—2,5
11	Гравелистый грунт	2,5	2,0
12	Галька	4,0—5,0	3,0—4,0
13	Мергель средней плотности	3,5	2,5
14	Особо плотная глина (морена)	4,0	3,0
15	Песчаники и известняки средней твердости	18,0	12,0
16	Скальные породы, особо твердые	40,0	20,0

скаемым давлением на грунт (табл. 12). Расстояние же между осями шпал необходимо увязать с допускаемыми напряжениями в рельсе, а также с условиями производства работ. Во всяком случае, принятая толщина балластного слоя не может быть меньше величины H, так как при неравномерном давлении могут быть случаи выпучивания слабых грунтов между шпалами с образованием балластных корыт.

Для расчета давления на земляное полотно научно-исследовательским институтом МПС предложены следующие формулы (см. фиг. 36, стр. 65).

1) При толщине балластного слоя под шпалой $H \leq l_0$:

$$p_1 = \frac{2p}{1 + \frac{H^2}{bl_0}};$$

2) при $l_0 < H < a$:

$$p_1 = p\,\frac{b + a - H}{a};$$

3) при $H \geqslant a$:

$$p_1 = p\,\frac{b}{a}.$$

В приведенных формулах:

p_1 — давление на земляное полотно, кг/см²,

p — удельное давление от шпалы на балласт (без учета динамики), кг/см²,

H — толщина балласта под шпалой, см,

b — ширина нижней постели шпалы, см,

a — расстояние между осями шпал, см,

l_0 — расстояние в свету между шпалами, см.

В качестве примера подставим в формулы числовые значения, принимая: $p = 2$ кг/см²; $a = 60$ см; $b = 25$ см; $l_0 = 35$ см; $H = 30$ см:

$$p_1 = \frac{2p}{1 + \frac{H^2}{bl_0}} = \frac{2 \cdot 2}{1 + \frac{30^2}{25 \cdot 35}} = 2{,}0 \text{ кг/см}^2,$$

при $H = 40$ см $\quad p_1 = p\,\frac{b + a - H}{a} = 2{,}0\,\frac{25 + 60 - 40}{60} = 1{,}5$ кг/см²,

при $H = 60$ см $\quad p_1 = p\,\frac{b}{a} = 2{,}0\,\frac{25}{60} = 0{,}83$ кг/см².

§ 35. Материалы, применяемые для нижнего строения пути

Щебень. В путевом хозяйстве трамваев щебень применяется в качестве балласта под шпалы, для устройства дренажей, для расщебенки мостовой и для бетонных работ. Требования, предъявляемые к щебню, в зависимости от его назначения, различны.

Для балластирования трамвайных путей применяется щебень из камня твердых пород: базальта, порфира, гранита, кварцита, диорита, песчаника, известняка без примеси песка, глины и мусора.

Щебень должен удовлетворять следующим требованиям:

При испытании в барабане Деваля для щебня твердых пород (базальта, гранита) износ не должен превышать 3,5—5%, а для щебня из известняка и песчаника 5—7%.

Образцы базальта, гранита и других твердых пород должны обладать временным сопротивлением не менее 1000 кг/см², известняка — не менее 800 кг/см² и песчаника не менее 500 кг/см².

Водопоглощаемость образцов по истечении двух часов не должна превышать:

для базальта и гранита 1%
„ известняка в северной части СССР . 1,5%
„ известняка в средней части СССР и песчаника в северной части СССР . 2,0%
„ песчаника в средней части СССР . . 2,5%
„ песчаника в южной части СССР . . . 4,0%

При большей водопоглощаемости необходимо производить испытания на морозоустойчивость, подвергая насыщенные водой образцы 15—25-кратному замораживанию до —10°С и оттаиванию.

Щебень должен быть одинакового размера, по форме приближаться к тетраэдру или кубу и иметь острые кромки. Нельзя допускать щебень плоский или продолговатый (лещадки). Отклонение в размере щебня допускается не свыше 10%.

Для нижнего слоя балласта применяют щебень крупностью от 25 до 70 мм, для заполнения шпальных ящиков от 10 до 35 мм и для подбивки шпал от 10 до 25 мм.

Для заполнения дренажных канав применяют щебень из морозоустойчивых пород с водопоглощаемостью не свыше 1,5% и без примесей глины, песка, мусора. Крупность щебня должна быть от 10 до 70 мм. Форма щебня значения не имеет.

Щебень для расщебенки мостовой должен быть из твердых пород и к нему нужно предъявлять те же требования, что и к щебню для балласта. Крупность щебня для расщебенки мостовой не должна превышать 12 мм и при расклинцовке 25 мм.

Щебень, применяемый для бетонных работ, должен обладать временным сопротивлением на 20% выше марки бетона. При применении бетона марки 200 кг/см² временное сопротивление щебня должно быть не ниже 240 кг/см², при бетоне марки 170 кг/см² не ниже 204 кг/см², при бетоне марки 130 кг/см² — не ниже 156 кг/см² и при бетоне марки 110 кг/см² — не ниже 130 кг/см².

Щебень должен быть изготовлен из морозоустойчивых пород с водопоглощаемостью не свыше 1,5%. Размер щебня должен быть от 12 до 50 мм.

Приемка щебня производится или штабелями в форме усеченных пирамид, или в специальных мерных ящиках определенной емкости, или непосредственно обмером транспортных средств (автомобилей, электропоездов).

Проба для испытания может быть взята из любого штабеля или ящика, но во всяком случае не менее, чем одна проба на каждые 100 м³.

При путевых работах может применяться также и щебень, изготовленный из мелкозернистых, устойчивых (не распадающихся) доменных шлаков.

Гравий также можно применять при путевых работах с соблюдением тех же требований, которые предъявляются к щебню. Форма гравия должна приближаться к сфероидальной.

Камень для пакеляжа. Камень для пакеляжа должен иметь форму, приближающуюся к пирамидальной. Изготовляют его из тех же пород, что и щебень, и требования к нему предъявляются те же.

Пакеляж применяют в качестве основания под щебеночный балласт при слабых грунтах, а также в том случае, когда нужно создать более устойчивое основание. Укладывая камни пакеляжа лицом (постелью) вниз, получают при расклинивании пакеляжа подобие свода, разгружающего земляное полотно.

Основание (постель) камня для пакеляжа должно иметь правильную поверхность, по форме близкую к квадрату со стороной не менее 10 см.

Пакеляж укладывают высотой от 15 до 18 см.

Песок. В путевом хозяйстве трамваев песок применяется: в качестве балласта под шпалы, для приготовления бетона и для мостовых работ.

Для путевых работ применяется речной и горный, крупный и среднезернистый песок.

Хороший горный песок должен быть кварцевым, карьерного происхождения, но может быть и хрящеватым без примеси растительной земли.

Крупным песком считается такой, который содержит более 50% частиц крупнее 1 мм.

Среднезернистым считается песок, содержащий частиц крупнее 1 мм менее 50% и частиц крупнее 0,5 мм более 50%.

Иногда по местным условиям, при отсутствии песчаных карьеров крупно- или среднезернистого песка, приходится применять и мелкозернистые пески. Однако, это нежелательно, так как мелкозернистые пески значительно хуже водопроницаемы и способствуют образованию пыли при движении вагонов.

Песок должен быть чистым, не содержать мелочи, пыли, земли, глины, ила.

Песок не должен содержать примеси глинистых частиц более 5%, в исключительных случаях допускается увеличение процента примеси глины, но не свыше 10%. Примеси органических (гумусовых) веществ допускается не больше 2%. Примесь в песке мелкой гальки и гравия допускается в любых количествах.

Простым способом определения количества вредных примесей в песке служит его отмучивание. Для этого в стеклянную пробирку (мензурку, стакан,) насыпают до половины песок, затем доливают водой и тщательно перемешивают, после чего смеси дают отстояться. Песок, как более тяжелый, осядет быстрее, затем осядет глина и другие примеси (фиг. 37). Измерив высоту

песка, определяют процентное содержание вредных примесей по формуле:

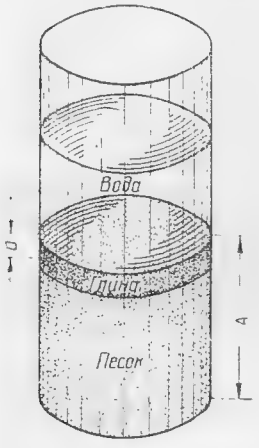
$$K = \frac{100\ a}{A},$$

где: a — толщина слоя вредных примесей,
A — полная толщина смеси,
K — процент вредных примесей.

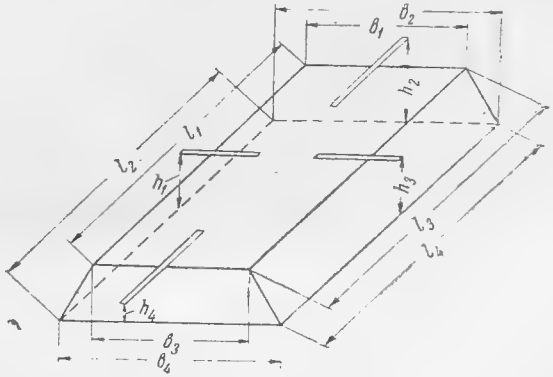
Величина K не должна быть более 5 и в исключительных случаях 10.

Для бетонных работ рекомендуется применять речной песок; применение горного песка можно допускать при наличии вредных примесей не более 5%.

При изысканиях и организации новых карьеров необходимо после составления гео-



Фиг. 37. Определение качества песка.



Фиг. 38. Определение объема песка в штабелях

логического разреза отведенного участка, полученного шурфованием или бурением, произвести лабораторные испытания песка. Только после удовлетворительных результатов этих испытаний можно приступать к разработке карьеров.

Лабораторные испытания песка заключаются в определении:

а) гранулометрического состава и модуля крупности;
б) содержания глины и пыли или ила в песке;
в) загрязнения песка органическими примесями;
г) объемного и удельного веса и объема пустот.

Приемка песка, как правило, производится по объему сухого песка. Обмер производится или в штабелях на месте доставки или в средствах перемещения (автомобилях, поездах).

Штабели песка выставляют на выравненных площадках и оправляют в усеченные призмы или конусы произвольного размера.

Объем штабеля песка, оправленного в призму (фиг. 38), опре-

деляется по средней длине, ширине и высоте его по формуле:

$$V = \frac{l_1 + l_2 + l_3 + l_4}{4} \cdot \frac{b_1 + b_2 + b_3 + b_4}{4} \cdot \frac{h_1 + h_2 + h_3 + h_4}{4},$$

где l и b соответственно длина и ширина отдельных граней, а h — высота.

§ 36. Деревянные шпалы и брусья

К рельсовым опорам относятся шпалы, изготовляемые из различных материалов: дерева, железобетона, металла, и брусья, заменяющие шпалы на узлах (под стрелками и крестовинами), а также продольные брусья, как сплошные упругие опоры для рельсов.

Шпалы у нас изготовляются преимущественно из сосны, которая отличается прямизной, древесина ее упруга и состоит из богато насыщенной смолой сердцевины и мягкой заболони. В сыром виде сосна мало устойчива против загнивания, но хорошо воспринимает пропиточные вещества. Шпалы можно изготовлять и из других пород леса — дуба, бука, кедра, пихты, лиственницы, ели, но применение твердых пород леса может быть рационально лишь там, где они имеются в изобилии. В настоящее время эти породы леса почти не применяются по экономическим соображениям. Например, срок службы сосновой пропитанной шпалы близок к сроку службы дубовой шпалы. Еловые шпалы по своему качеству значительно ниже сосновых и применение их менее рационально. Достоинство сосновых шпал заключается еще в том, что они при высыхании не растрескиваются, как дубовые или буковые.

Шпалы должны быть изготовлены из здорового леса зимней рубки.

Болезнь древесины (гниение) есть следствие развития в ней грибницы. Заражению грибом подвержено как дерево на корню, так и срубленное.

Гриб — это простейший растительный организм, размножающийся спорами (мелкими клетками). Тело гриба состоит из тонких сплетающихся нитей, образующих грибницу или мицелий. Питается гриб составом клеточных стенок (целлюлозой) или содержимым клеток (крахмалом, маслом, белком).

Заражение древесины грибом происходит от разнесения ветром спор или мицелия, которые, попадая в благоприятные условия (у дерева на корню — поврежденная кора, в срубленном — определенная температура, влажность и отсутствие ядовитых веществ), заражают деревья.

В результате гниения древесина меняет цвет — темнеет или светлеет, изменяет физические и механические свойства — удельный вес делается в 2—2,5 раза меньше, твердость — в 15—35 раз меньше.

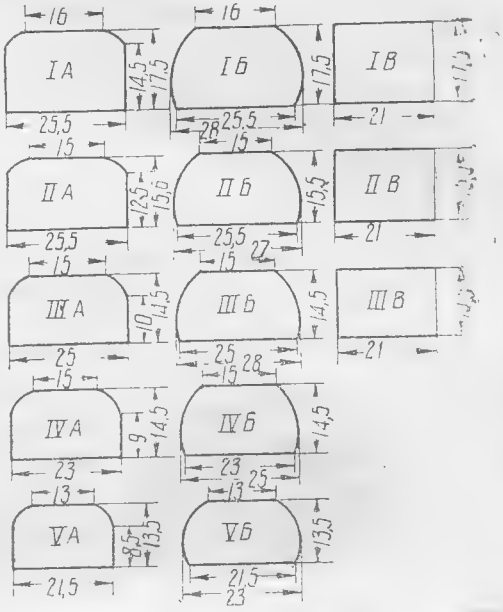
Для предохранения шпал от загнивания их пропитывают различными антисептиками минерального и органического происхож-

дения. Для трамвайных путей недопустимы антисептики, увеличивающие электропроводность шпал (например, хлористый цинк).

Наиболее распространена пропитка креозотом. Креозотовое масло получается перегонкой каменноугольной смолы. Лучшая пропитка получается при нагнетании антисептика под давлением; хорошие результаты дает способ горяче-холодных ванн. Необходимо только, чтобы шпалы были предварительно достаточно просушены.

Большое значение для качества шпал имеет время рубки леса. Зимой дерево содержит меньше соков, способных разлагаться, — этим объясняется требование применения для шпал леса зимней рубки.

В зависимости от способа изготовления и формы, деревянные шпалы подразделяются на обрезные, брусковые и прямоугольные (фиг. 39).



Фиг. 39. Типы шпал.

К обрезным шпалам относятся типы, IА, IIА, IIIА, IVА, VА; к брусковым — IБ, IIБ, IIIБ, IVБ, VБ и к прямоугольным типы IВ, IIВ, IIIВ (табл. 13).

Длина шпал для типов I—IV равна 2,7 м и для V типа — 2,5 м.

Для трамвайных путей применяются нормальные железнодорожные шпалы по ОСТ 7157, изготовляемые из сосны, ели и других пород, типа не ниже IVБ.

Таблица 13

Основные размеры поперечного сечения шпал, см

Типы шпал	Толщина шпал, см	Ширина постели верхней, см	Ширина постели нижней, см	Типы шпал	Толщина шпал, см	Ширина постели верхней, см	Ширина постели нижней, см	Типы шпал	Толщина шпал, см	Ширина шпал, см
IА	17,5	16	25,5	IБ	17.5	16	23 –25,5	IВ	17,5	21
IIА	15,5	15	25.5	IIБ	15.5	15	25 5—27	IIВ	15.5	21
IIIА	14.5	15	25,0	IIIБ	14,5	15	25 –26	IIIВ	14	21
IVА	14.5	15	23,0	IVБ	14.5	15	23—25			
VА	13.5	13	21.5	VБ	13.5	13	21.5—23			

Шпалы типа ниже IVБ можно применять лишь на временных и запасных путях.

Шпалы и брусья должны быть пропитаны креозотом. Применение непропитанных шпал допускается лишь в исключительных случаях.

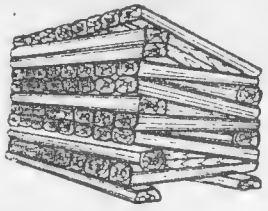
Шпалы для прямых участков должны иметь предварительно просверленные дыры для костылей с обеих сторон шпалы, а для кривых участков — с одной стороны.

Диаметр дыр должен быть 12 мм. Дыра сверлится перпендикулярно постели шпалы на глубину 10—12 см и заливается креозотом.

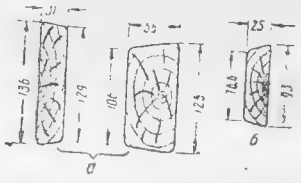
Правила приемки и хранения шпал.

1) Шпалы должны быть выложены на сухих возвышенных местах, очищенных от мусора, травы, а зимой от снега.

2) Шпалы должны быть сложены в штабели на подкладках, отдельно по породам и по типам, с промежутками между штабелями не менее 1 м и с разрывами по 4 м через каждые пять штабелей (фиг. 40).



Фиг. 40. Форма типового штабеля шпал.



Фиг. 41. Фасонные брусья: *а* — для рельсов Феникс; *б* — для рельсов Виньоль.

3) Каждая шпала подвергается осмотру и обмеру.

Для стрелочных переводов, кроме шпал, применяют переводные брусья сечением 210 × 150 мм и длиной от 3 до 6 м с разницей в длине брусьев в 0,25 м.

Требования, предъявляемые к качеству материала брусьев, и основные допуски те же, что и для шпал.

Для устройства основания на шпалах и брусьях применяются прямоугольные брусья шириной, равной ширине подошвы рельса, и высотой от 6 до 10 см. К ним предъявляются требования как к нормальному пиломатериалу.

Размер и форма сечения брусьев для бесшпальных оснований принимаются в соответствии с конструкцией пути; требования, касающиеся качества материала, остаются те же.

Для закладки в пазы рельсов с боковой стороны, с целью большей устойчивости мостовой, применяют фасонные брусья из соснового или елового леса. Поперечное сечение фасонных брусьев соответствует форме рельсовых пазух (фиг. 41). Длина фасонных

брусьев не ограничивается. Качество лесоматериала для них может быть до V сорта включительно.

Срок службы шпал. В трамвайных путях шпалы лежат в котловане, закрытые песчаным или щебеночным балластом, а сверху, кроме того, мостовой, и только 20—30% сети, расположенной на обособленном полотне, находятся в условиях, аналогичных железнодорожным путям.

Шпалы на линиях в проездах, закрытые для доступа воздуха и защищенные от атмосферных влияний, сохраняются значительно лучше, чем в открытых путях, и срок их службы увеличивается.

Шпалы выходят из строя или вследствие механического разрушения их, когда подошва рельса или непосредственно или через подкладку прорезает шпалу, или в результате загнивания под действием неблагоприятных атмосферных и других местных условий (отсутствие дренажа, засоренность балласта). Механическое разрушение шпал способствует также и ускорению загнивания, так как в поврежденных местах собирается вода, и процесс загнивания ускоряется.

При применении шпально-брусковых оснований шпала не соприкасается с металлом, давление передается через деревянный продольный брус и механического износа шпал не происходит. В этом случае шпалы лежат дальше от поверхности земли, где меньше подвергаются атмосферным воздействиям и находятся в более однородной в отношении влажности среде, поэтому срок их службы значительно повышается. Наблюдались случаи, когда непропитанные шпалы при такой конструкции, вынутые через 20 лет работы, при капитальном ремонте пути имели лишь следы загнивания на нижней постели.

По правилам технической эксплоатации шпалы, имеющие механический износ свыше 20 мм, должны быть заменены новыми. Это предельный износ шпал с точки зрения механического разрушения. В отношении загнивания пределом работы шпалы служит такая степень поражения гнилью, при которой не может быть получена необходимая прочность забивки костыля.

Практически срок службы деревянных шпал, в зависимости от разных местных условий, принимают от 6 до 15 лет.

§ 37. Металлические и железобетонные шпалы

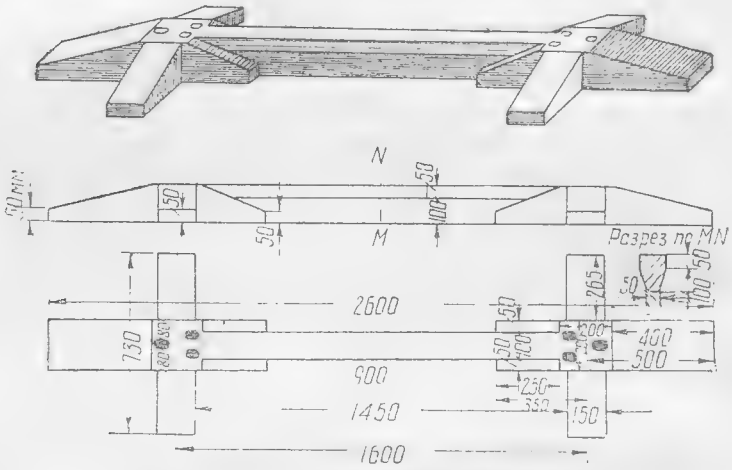
Металлические поперечины в СССР не применяются, да и за границей имеют небольшое распространение, из-за ряда недостатков по сравнению с деревянными шпалами.

Металлические поперечины изготовляют обычно из литого железа, редко из стали (фиг. 42).

К недостаткам металлических поперечин можно отнести следующие: материал поперечин поддается ржавлению; подбивка поперечин балластом затруднительна и не дает хорошего качества; путь на металлических поперечинах получается значительно более

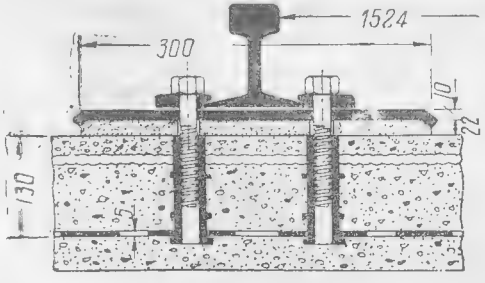
жестким; стоимость их выше деревянных, а срок службы немного длиннее.

Фиг. 42. Металлические поперечины.



Фиг. 43. Форма железобетонной шпалы.

Железобетонные шпалы получили за границей сравнительно большое распространение; у нас на трамваях они не применяются.



Фиг. 44. Тип крепления рельса на железобетонной шпале.

К недостаткам железобетонных шпал относятся: их жесткость и способность давать трещины под действием динамических ударов от подвижного состава, во время устройства и ремонта пути.

К достоинствам железобетонных шпал относятся: возможность придавать шпале любую целесообразную форму и размеры, большая устойчивость пути из-за значительного веса шпал и значительных сил трения их с балластом, возможность изготовления их на месте. Особенно можно рекомендовать укладку железобетонных шпал в безлесных районах.

Форма железобетонных шпал весьма разнообразна. Одна из рациональных форм, предложенная Кюнером[1], показана на фиг. 43.

Рельсы прикрепляются к железобетонной шпале шурупами в заделанные деревянные пробки, или при помощи выпущенных анкеров или другими специальными приспособлениями (фиг. 44). Однако, все эти типы прикрепления рельсов к шпалам недостаточно удовлетворительны, что частично задерживает внедрение железобетонных шпал.

Жесткость железобетонных шпал может быть смягчена введением между подошвой рельса и шпалой упругой подкладки.

§ 38. Шпальные основания (общие сведения)

Самый важный и сложный вопрос при устройстве пути загородных и в особенности городских трамвайных линий — это выбор соответствующего типа основания под рельсы.

Для выбора типа рельсов имеются определенные установки, вопрос же о типе основания до сего времени остается спорным. Имеется много точек зрения, поддерживаемых различными авторитетами, доказывающими целесообразность для данных условий применения того или иного типа оснований. Однако, нужно признать, что для городских условий, при расположении путей в проездах, еще не разработана конструкция, которая удовлетворяла бы всем требованиям, предъявляемым к основаниям трамвайных путей.

В первые годы сооружения трамваев (конец XIX и начало XX столетий) существовало мнение о недопустимости конструкции оснований под трамвайные пути, в которую входило бы дерево, как материал, поддающийся загниванию и вызывающий вследствие этого необходимость частого периодического ремонта путей. Поэтому шпальные основания были отвергнуты. Такую точку зрения можно признать правильной, но для ее жизненности необходимо было создание другой более рациональной конструкции. Однако, удовлетворительной конструкции каменных или бетонных бесшпальных оснований создано в то время не было. Мало того, и в настоящее время имеется только несколько опытных конструкций, тяжелых при производстве работ и эксплоатации, а кроме того, и слишком дорогих. Эти конструкции для массового производства рекомендовать нельзя.

Поэтому, как только убедились в несовершенстве бесшпальных конструкций, началось массовое применение шпальных оснований. В СССР бесшпальные основания имеются пока только как опытные. За границей бесшпальные основания имеют несколько большее распространение, но и там шпальные основания с успехом применяются в больших масштабах.

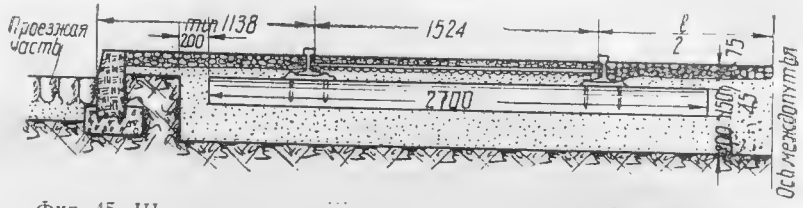
Шпальные основания по роду материала балласта делятся на шпально-песчаные, шпально-щебеночные и шпально-бетонные.

[1] К. Э. Кюнер. „Железобетонные шпалы". Изд. Транспечать НКПС, 1929 г.

Первые два типа принадлежат к упругим основаниям, аналогично применяемым на железных дорогах, третий тип относится к полужестким основаниям.

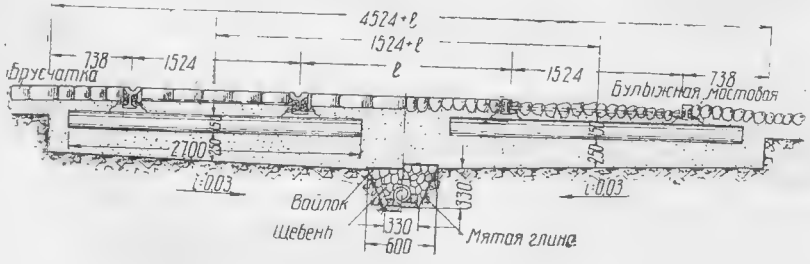
§ 39. Шпально-песчаные основания

Наибольшее распространение в СССР получили шпально-песчаные основания благодаря своей дешевизне и почти повсеместному нахождению песка и леса для изготовления шпал.



Фиг. 45. Шпально-песчаное основание на обособленном полотне.

Шпально-песчаные основания вполне удовлетворительны при расположении путей на обособленном полотне, незначительных нагрузках и хорошем качестве балласта. Применение их на благоустроенных проездах нецелесообразно благодаря частому ремонту и связанному с ним разрытию верхнего покрытия путей,



Фиг. 46. Шпально-песчаное основание в проезде.

так как даже крупный песок с течением времени засоряется и теряет свои хорошие качества.

Нормальный тип шпально-песчаного основания на обособленном полотне показан на фиг. 45 и в замощенных проездах на фиг. 46.

Шпально-песчаное основание загородных линий устраивают по типу нормальных железнодорожных путей на самостоятельном земляном полотне, типы которого приведены в главе II.

Расстояние между осями шпал принимается, обычно, от 55 до 63 см, что составляет 1840—1600 шпал на 1 км одиночного пути. В стыковых шпалах это расстояние уменьшают до 50 см.

Шпалы применяют нормальные железнодорожного типа длиной 2,7 м.

Толщину песчаного балласта в шпально-песчаных основаниях определяют расчетом в зависимости от нагрузки на рельсы, скорости и интенсивности движения, допускаемого давления на грунт, типа и количества шпал на 1 км пути, типа рельсов и других условий.

Наименьшую толщину песчаного слоя под подошвой шпалы принимают в 250 мм; снижение этой величины допускается лишь при наличии хорошего грунта из водопроницаемого песка. В погоне за экономией средств и рабочей силы, при постройке трамвайных линий часто принимают недостаточную толщину песчаного слоя под шпалой. Это приводит к плохим результатам в эксплоатации линии, вызывая частый ремонт основания, а иногда и полную замену до истечения срока его службы.

Песчаный балласт из крупно- и среднезернистого песка хорошего качества водопроницаем. Поэтому он удовлетворяет требованию, предъявляемому к основанию в отношении отвода попадающей в него поверхностной или грунтовой воды. На линиях, имеющих профиль особого полотна, построенного по типу железнодорожного полотна с кюветами, балласт свободно отводит воду. В городских условиях должны быть предусмотрены специальные меры для отвода воды от основания, так как вода, размягчая грунт, способствует вдавливанию в него балласта, перемешиванию балласта с грунтом и образованию балластных корыт. Отвод воды при водонепроницаемых грунтах должен осуществляться при помощи дренажей и других водоотводных сооружений (см. главу VI).

Мелкий и засоренный песок непригоден для основания под трамвайные пути, так как, пропитанный водой, он теряет свои упругие свойства и превращается в плывун.

Дну котлована и земляному полотну во всех случаях придают уклон до 3% для отвода воды.

Оформление обособленного полотна может производиться различными способами, указанными в § 9.

Все остальные размеры и данные показаны на фиг. 45 и 46.

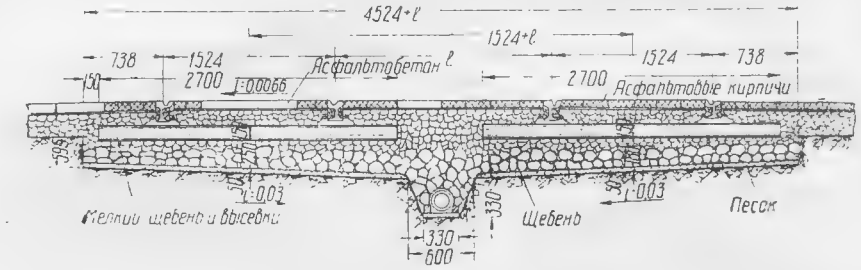
§ 40. Шпально-щебеночные основания

Шпально-щебеночные основания получают большое распространение, особенно в последнее время, в связи с растущим благоустройством городов, как более удовлетворяющие гигиеническим требованиям по сравнению со шпально-песчаными.

Шпально-щебеночные основания применяют двух типов — простые шпально-щебеночные (фиг. 47) и шпально-щебеночно-пакеляжные (фиг. 48).

Качество тех и других оснований значительно выше песчаных, так как щебеночный балласт более водопроницаем, достаточно упруг даже во влажном состоянии и при морозе хорошо сопротивляется динамическим нагрузкам.

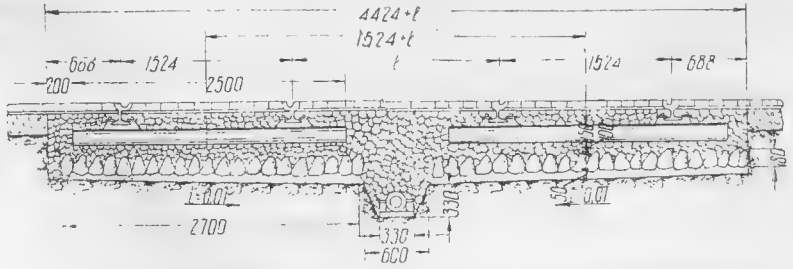
В простых шпально-щебеночных основаниях щебеночный балласт разделяется на два слоя — нижний слой крупного щебня и верхний слой мелкого для подбивки шпал, — размером от 10 до 25 мм. Чем крупнее щебень, тем он более водопроницаем и тем лучше распределяет и передает давление грунту. Поэтому слой крупного щебня в шпально-щебеночном основании должен быть по возможности больше, необходимо только его тщательно уплотнить катками. Слой мелкого щебня необходим для лучшей



Фиг. 47. Шпально-щебеночное основание.

подбивки и уплотнения щебня под шпалами, так как крупные щебенки труднее подбить под шпалу и они могут заполнить только края шпалы, оставив под серединой ее пустоту, в результате чего под действием динамической нагрузки расстроится плотность подбивки шпалы и она даст просадку.

Толщина балластного слоя щебня в шпально-щебеночных основаниях определяется расчетом, в зависимости от тех же факторов, что и толщина песка в шпально-песчаных основаниях.



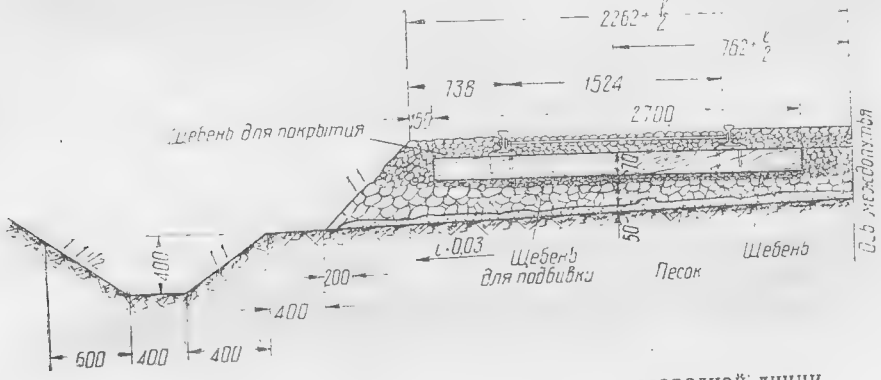
Фиг. 48. Шпально-щебеночно-пакеляжное основание.

В настоящее время толщину слоя щебня под шпалой принимают от 20 до 30 см, причем слой мелкого щебня не должен превышать 7—10 см. Ниже слоя щебня, между ним и земляным полотном, устраивают песчаную подушку толщиной 5 см для предохранения щебня от вдавливания в грунт и загрязнения; это создает щебню лучшие условия работы.

Расстояние между осями шпал определяется расчетом, а количество шпал на 1 км принимают в настоящее время 1600 —

1800 шт. Шпалы — нормальные железнодорожного типа длиной 2,7 м.

Применение пакеляжа при устройстве шпально-щебеночных оснований диктуется необходимостью дать более монолитное, устойчивое основание с более равномерной передачей нагрузки грунту. При правильном устройстве пакеляж должен работать как монолитный свод, разгружая грунт при его неоднородности в слабых местах. Так как над пакеляжем в шпально-щебеночно-пакеляжных основаниях имеется еще слой щебня, то давление от подвижного состава через шпалу передается щебню, а затем уже пакеляжу. Поэтому удельное давление получается незначительным и применение шпально-щебеночно-пакеляжных оснований



Фиг. 49. Тип шпально-щебеночного основания для загородной линии.

возможно даже при слабых и особенно при неоднородных грунтах.

Высоту пакеляжа в основании принимают в 15—20 см, слой мелкого щебня для подбивки шпал — 10 см. Поэтому общая высота пакеляжа и щебня близка к слою щебеночного балласта в простых шпально-щебеночных основаниях.

Количество шпал на 1 км принимают такое же, как и в шпально-щебеночных основаниях.

Вместо щебня из твердых каменных пород можно применять щебеночный балласт из шлаков, а также и гравий.

Недостаток щебня из доменных шлаков заключается в его способности цементироваться и превращаться в водонепроницаемую подушку. Это нарушает основной принцип хорошего балласта. Кроме того, наличие в шлаках примеси серы вредно действует на металлические части пути. Поэтому шлак должен быть предварительно подвергнут лабораторным исследованиям и при наличии серы — забракован.

Балласт из гравия ввиду округлой формы отдельных зерен менее устойчив и труднее поддается уплотнению и подбивке под шпалы.

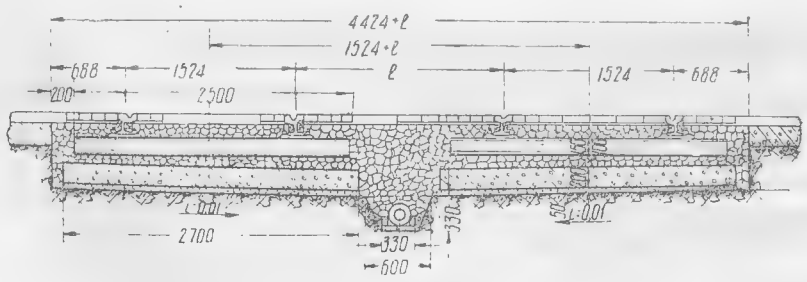
По качественным показателям лучшим балластом следует считать щебень, затем гравий и потом шлак.

Конструкция шпально-щебеночных и шпально-щебеночно-пакеляжных оснований предусматривает также необходимый водоотвод. Если вода не будет своевременно отведена от основания, то кроме того, что будет расстраиваться земляное полотно, будет засоряться и дорогостоющий щебеночный балласт, промывка которого весьма затруднительна.

Шпально-щебеночные основания применяют на трамвайных путях в замощенных проездах, а также и на обособленном полотне, которое оформляется по типу нормального железнодорожного пути (фиг. 49), или по специальным типам при устройстве пути в городских проездах. В первом случае путь может быть засыпан только до верхней постели шпалы, во втором случае обычно засыпку ведут до головки рельса. Это же условие относится и к шпально-песчаным основаниям. Засыпку путей балластом до головки рельса производят с целью уменьшения нагревания рельсов при повышении температуры. Этим достигается возможность укладки более длинных сваренных рельсовых плетей и уменьшения количества рельсовых стыков.

§ 41. Шпально-бетонные основания

Наиболее устойчивый тип шпальных оснований, это шпально-бетонные основания, состоящие из бетонной подушки (плиты), на которую укладывают шпалы и подбивают их щебнем (фиг. 50).



Фиг. 50. Шпально-бетонное основание

Шпально-бетонные основания в большей степени удовлетворяют требованиям, предъявлямым к этим конструкциям: они обладают большой устойчивостью даже при слабых грунтах, гарантируя путь от просадок, достаточной упругостью вследствие применения шпал, а также и щебеночного балласта на бетонной плите, возможностью устройства хорошего водоотвода, простотой скрепления рельсов с основанием и создают устойчивость верхнего покрытия.

С целью получения основания еще большей устойчивости были проведены опытные испытания шпально-бетонного основания со втопленными в бетон шпалами. Сравнивая этот тип основания с нормальным типом шпально-бетонного основания с подбивкой

шпал щебнем, можно придти к выводу, что последний более приемлем и удобен при строительныых работах и особенно в эксплоатации.

Долговечности шпально-бетонных оснований мешают деревянные шпалы, срок службы которых значительно ниже срока службы бетона и щебеночной подбивки.

Смена шпал, втопленных в бетон, без разрушения бетона невозможна, поэтому сроком службы таких оснований будет срок службы шпал. Смена одиночных шпал, пришедших по каким-либо причинам в негодность, также весьма затруднена и требует прекращения движения на продолжительный срок. В нормальном же типе шпально-бетонных оснований, с подбивкой шпал щебнем, без затруднений можно производить сплошную и одиночную смену шпал, не нарушая нормального движения трамваев. Кроме того, при смене рельсов, срок службы которых безусловно ниже срока службы не только бетона, но и хороших, выдержанных пропитанных шпал, преимущество остается за нормальным типом основания. Допускаемые отступления в высоте рельса, в ширине подошвы и отдельные вмятины в шпалах не дадут возможности правильно установить путь без выравнивания шпал при шпалах, втопленных в бетон.

Возможность идеального устройства отвода поверхностных и грунтовых вод имеется также только в нормальном типе шпально-бетонного основания. При шпалах, втопленных в бетон, вода, проникающая через верхнее покрытие, особенно в сопряжении рельса с мостовой, застаивается в основании и разрушает его.

Приведенное выше сравнение работы двух типов шпально-бетонных оснований позволяет с уверенностью рекомендовать применение нормального типа шпально-бетонного основания с подбивкой шпал щебнем. Тип шпально-бетонного основания с втопленными в бетон шпалами должен быть отвергнут также и потому, как доказано опытами, что устойчивость пути и верхнего покрытия при нормальном типе шпально-бетонного основания выше чем при шпалах, втопленных в бетон. Это объясняется тем, что при более жестком основании значительно быстрее происходит врезание подкладок в шпалу, нарушается крепление шпалы с рельсом, его просадка и разрушение верхнего покрытия путей.

Шпалы, применяемые при устройстве пути на шпально-бетонном основании, должны быть выдержанные, сухие и пропитанные антисептиком.

Вначале применения шпально-бетонного основания на Московском трамвае было сомнение, что шпалы, пропитанные креозотом, будут вредно действовать на бетон. Для выяснения этого вопроса были произведены опыты проверки действия креозота на бетон. Были изготовлены кубики из бетона, применяемого при постройке, половину кубиков погрузили в раствор крезота на 7 суток, а другую половину выдерживали нормально.

Произведенным испытанием было установлено, что кубики, пропитанные креозотом, в семидневном возрасте давали временное сопротивление сжатию на 13% ниже нормальных, а в 28-днев-

ном возрасте уже только на 6% ниже нормальных. Следовательно, креозот несколько замедляет схватывание и твердение бетона, но не ухудшает его качества, тем более, что опыты были поставлены в весьма невыгодных для бетона условиях. Такого действия креозота на бетон в основании на практике происходить не может, так как шпалы поступают на постройку выдержанными после пропитки.

Количество шпал на 1 км обычно принимают равным 1600 шт. (расстояние между осями шпал — 63 см).

С целью экономии бетона, длину шпал при шпально-бетонных основаниях принимают равной 2,5 м, для чего концы нормальных шпал перед пропиткой обрезают на 20 см, если не производится специальной заготовки укороченных шпал.

Шпалы нормальной длины употреблять при шпально-бетонных основаниях нецелесообразно, так как технической необходимости в этом нет, а экономически целесообразно уменьшить ширину котлована, бетонной плиты и балластного слоя.

Тип шпал должен быть нормальным, но нужно отбирать лучшие однотипные шпалы, чтобы получить равномерную упругость пути.

Щебень для подбивки шпал на бетонной плите употребляют из твердых пород (гранита, базальта) размером от 10 до 25 мм.

Бетонную плиту устраивают с однопроцентным поперечным уклоном. При наличии дренажа или лотка по оси междупутья уклон плиты делают от краев котлована к его оси, а при отсутствии дренажа или лотка — от оси к краям котлована.

Слой щебеночного балласта между бетонной плитой и шпалой по оси плиты принимают толщиной около 10 см, необходимой для хорошего качества подбивки пути и достаточной его упругости. Менее 10 см слой щебня делать не следует, так как при более тонком слое щебень подвергается раздроблению, что подтвердилось опытом на Московском трамвае.

Бетонную плиту укладывают отдельно под каждый путь и делают шириной на 20—30 см больше длины шпалы. При правильной, строго по разбивке, укладке плиты нет необходимости делать ширину плиты длиннее шпалы более чем на 20 см, так как щебеночный балласт распределяет давление от шпалы под углом 45°, и при высоте слоя щебня в 10 см нужно иметь плиту шире также на 10 см. Уширение же плиты более чем на 20 см оказывается излишним.

Таким образом, при длине шпал в 2,5 м ширина бетонной плиты должна быть 2,7—2,8 м.

Состав бетона, употребляемого для шпально-бетонных оснований, зависит от принятого допускаемого напряжения, качества составных частей бетона (цемента, песка, щебня и воды) и сроков его твердения.

Лучший цемент для приготовления бетона — портландский, представляющий собой продукт сильного обжига (до спекания) глинистых известняков.

Цвет портланд-цемента зеленовато- или синевато-серый. Изготовление цемента заключается в тщательном перемешивании известняка с глиной до получения однородной массы, в обжиге при температуре около 1500° до спекания и в перемалывании в тонкий порошок.

Удельный вес цемента: 2,7—3,2.

Песок и щебень должны удовлетворять условиям, указанным в § 35.

Вода не должна содержать примеси сернистого железа, серной кислоты и других сернокислых солей, мешающих твердению бетона.

По способу изготовления бетон делится на жесткий, пластичный и литой (в зависимости от процента содержания воды). В жестком бетоне вода выступает только после окончательного трамбования; в пластинчатом — вода выступает не сразу после удаления трамбовки; литой бетон не трамбуется, а течет.

Для шпально-бетонных оснований применяют жесткий бетон с осадкой конуса от 2 до 4 см и временным сопротивлением кубика 28-дневного возраста от 110 до 210 кг/см².

Для приготовления бетона марки $R_{28} = 110$ кг/см² расход цемента марки 0 на 1 м³ составляет 250 кг, а для бетона марки $R_{28} = 210$ кг/см² — 340 кг.

Толщина бетонной плиты в шпально-бетонных основаниях определяется расчетом в зависимости от марки бетона и заданных нагрузок.

Толщину бетонной плиты нормального типа шпально-бетонного основания при бетоне марки 110—130 кг/см² принимают равной 20 см. На опытных участках Московского трамвая были уложены плиты толщиной 15 см, и за 8 лет наблюдений не обнаружены какие-либо недостатки в их работе. Произведенным же расчетом получено, что толщину плиты в 20 см можно принимать лишь при плотном грунте с допускаемым напряжением в 2,5 кг/см² и при марке бетона 200 кг/см².

Данные заграничной практики об устройстве шпально-бетонных оснований также несколько противоречивы. Большинство оснований, подобных приведенным выше, имеют бетонные плиты толщиной от 18 до 23 см. На плиту укладывают шпалы и подбивают мелким щебнем слоем 5—10 см. Например, бетонная подушка в Ливерпуле имеет толщину 23 см, в Индианополисе — 20 см. Марка же применяемого бетона весьма различная: в Антверпене применяют бетон марки 110 — 130 кг/см², в Бруклине — 210 кг/см². Основываясь на данных заграничной практики и учитывая работу бетонной плиты трамвайных оснований в сравнительно легких условиях, когда даже и при появлении в ней трещин никакой опасности в отношении состояния пути они не оказывают, преждевременно ставить вопрос об увеличении толщины бетонной плиты нормального типа шпально-бетонного основания, хотя марку бетона, с целью большей долговечности, следовало бы повысить.

В бетонной плите для возможности беспрепятственного изменения ее длины от влияния температуры делают поперечные тем-

пературные разрывы (швы) шириной 12—15 мм через каждые 20—25 м.

Шпальные ящики, как правило, заполняют тем же материалом, которым подбиваются шпалы: при шпально-песчаных основаниях — песком, при шпально-щебеночных основаниях и при шпально-бетонных основаниях нормального типа — щебнем.

Щебень для засыпки шпальных ящиков желательно применять такого же состава и крупности, как и для подбивки шпал (от 10 до 25 мм), чтобы при ремонте пути не пришлось его сортировать, а после промывки можно было бы употребить обратно в дело, но допускается применять для засыпки и более крупный щебень — до 35 мм.

Применение шпально-бетонных, а особенно и других типов бетонных оснований, легко осуществимо только при строительстве трамвайных путей. Бетонные работы на эксплоатируемых путях большей частью вызывают необходимость закрытия движения на ремонтируемом участке на продолжительный срок, что сопряжено с серьезными неудобствами.

Правда, имеются способы устройства нормального шпально-бетонного основания и без закрытия движения, но качество бетонной плиты при этом снижается.

В то же время растущее благоустройство городов ставит перед путейцами задачу о реконструкции трамвайных путей с устройством прочных долговечных оснований, которые позволили бы содержать полосу трамвайных путей на уровне общего благоустройства проездов.

Эту задачу разрешает применение (пока в опытном порядке) сборной железобетонной конструкции нормального шпально-бетонного основания.

§ 42. Сборные железобетонные плиты для шпально-бетонного основания

Конструкция сборных железобетонных оснований состоит из железобетонных плит длиной 2,4—3,6 м и толщиной 9—18 см, изготовленных из железобетона, содержащего 0,44—1,19% арматуры при марке бетона $R_{28} = 90$—170 кг/см² (табл. 14).

Размеры плит подбирают таким образом, чтобы вес их не превышал 3 т, для возможности при укладке использовать краны грузоподъемностью до 3 т, и длина позволяла бы пользоваться нормальными грузовыми автомобилями. Длину плит принимают кратной шагу между осями шпал — 60 см. Это позволяет стыки нижних плит расположить между двумя шпалами так, чтобы расстояние от центра каждой крайней шпалы до края плиты было равно 30 см. Поперечные тяги располагают над каждой четвертой шпалой, что дает расстояние между ними 2,4 м.

Толщину плит и марку бетона определяют расчетом.

В стыках плит можно выпускать стержни нижней и верхней арматур для устройства армированных, швов, которые заливают цементным раствором 1 : 3.

Применение шлакобетона позволяет увеличить длину плиты в 1,5 раза без увеличения ее веса.

Приведенные в табл. 14 данные позволяют сделать следующие выводы: плиты толщиной 18 см имеют минимальный процент армирования как для нижней, так и для верхней арматур (0,22—0,23%). Поэтому толщину плиты в 18 см можно считать предельной, больше делать уже нецелесообразно, так как, согласно действующим нормам, такие плиты пришлось бы конструктивно армировать в размере 0,2%, и получился бы перерасход бетона и арматуры.

Таблица 14

Характеристика разных типов железобетонных плит

Тип плиты	Размеры плиты, см			Тип и марка бетона кг/см	Процент армирования			Вес плиты т
	Ширина	Длина	Толщина		Нижняя арматура	Верхняя арматура	Всего	
I	270	240	18	Цементобетон 90 кг/см²	0,22	0,22	0,44	2,8
I	270	360	12	Цементобетон 130 кг/см²	0,55	0,23	0,78	2,8
III	270	360	18	Шлакобетон 90 кг/см²	0,23	0,23	0,46	2,8
IV	270	360	9	Цементобетон 170 кг/см²	0,86	0,33	1,19	2,1

Расчет подтвердил возможность значительного снижения толщины плиты при применении бетона повышенный прочности. Например, для бетона $R_{28} = 130$ кг/см² толщина плиты получилась 12 см с 0,78% армирования, а для бетона $R_{28} = 170$ кг/см² даже 9 см при 1,19% армирования. Прочность плит, увеличиваемая армированием, имеет значение, главным образом, во время транспортировки, монтажа и укладки их в рабочее положение. Применение таких плит при надлежащей механизации экономически выгодно и дает хорошие результаты в отношении сроков службы.

§ 43. Применение пробужденного бетона

В 1938 г. на Московском трамвае были проведены опыты замены применяемого при устройстве нормального типа шпально-бетонного основания цементного бетона «пробужденным бетоном», в котором цемент играет роль лишь активизирующей добавки к шлаку и вводится в незначительном количестве. Эти опыты дали положительные результаты.

Пробужденный бетон представляет собой доменный шлак, подвергнутый 3—10-минутной обработке на тяжелых бегунах вместе с необходимым количеством воды и 1—5% количеством добавок — активизаторов. Интенсивное растирание и частичное

измельчение шлака бегунами обусловливает ускоренное течение свойственных шлаку химических реакций, следствием чего является энергичное отвердевание полученной массы при ее уплотнении.

В лабораторных условиях прочность пробужденного бетона достигает величины временного сопротивления сжатию в месячном возрасте 200—300 кг/см² при расходе цемента 40—50 кг на 1 м³ бетона. Практически на линии можно легко получить прочность бетона 110—130 кг/см².

Изготовление пробужденного бетона и опыты были проведены лабораторией бетонов ЦНИПС под руководством проф. В. Г. Скрамтаева.

Для опытов был применен гранулированный шлак Липецкого завода, имеющий следующий состав основных частей:

кремнекислота	35,8%
кальций	42,1%
глинозем	10,7%
сера	5,1%
железо	2,7%
магний	1,0%

Оптимальный состав пробужденного бетона для данного шлака:

шлака	100 весовых частей
цемента	3 весовых части
хлористого кальция	1 — 3 весовых части
воды	17 — 22 весовых частей (при сухом шлаке)

Можно применять и другие шлаки с соответствующим им подбором состава пробужденного бетона.

Применение пробужденного бетона дает значительную экономию цемента, не ухудшая качества основания и не удорожая и не усложняя работ.

§ 44. Бесшпальные щебеночные основания

По характеру применяемого материала бесшпальные основания делятся на щебеночные (упругие) и бетонные (жесткие). Те и другие основания применялись при постройке трамвайных путей, но из-за ряда принципиальных и конструктивных недостатков в последнее время почти вышли из употребления.

Бесшпальные щебеночные основания представляют собой простую достаточно упругую конструкцию, позволяющую легко ремонтировать путь и производить смену рельсов, но одновременно обладающую и недостатком, относящимся почти ко всем бесшпальным основаниям, — отсутствием соединения рельса с основанием.

Щебеночные основания устраивают или в виде отдельных канавок под каждую нитку рельсов, или сплошным основанием под обе нитки рельсов.

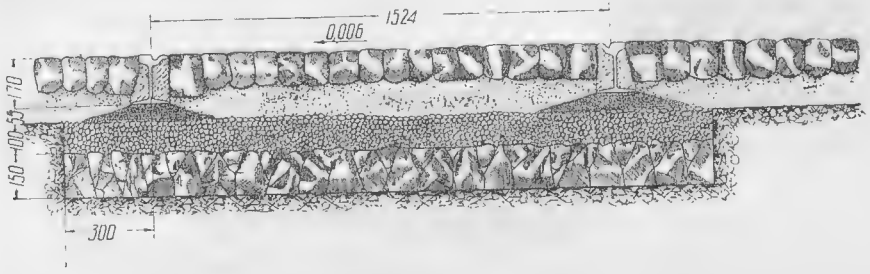
Для лучшей передачи давления на грунт нижний слой крупного щебня заменяют пакеляжем высотой 200 мм.

Типы щебеночных оснований показаны на фиг. 51 и 52.

Размеры щебеночных канавок под отдельными нитками рельсов принимались следующие:

ширина канавок по верху . . .	500—600 мм
ширина канавок по дну	300—600 „
глубина	300—500 „

В настоящее время, в связи с увеличением нагрузки и скорости движения и требованиями благоустройства, такие размеры недостаточны и не могут дать гарантии надежности основания.



Фиг. 51. Сплошное щебеночное бесшпальное основание.

Наименьшая ширина сплошного щебеночного основания под обе нитки рельсов определяется по формуле:

$$L = a + b + 2h \operatorname{tg} \beta,$$

где:

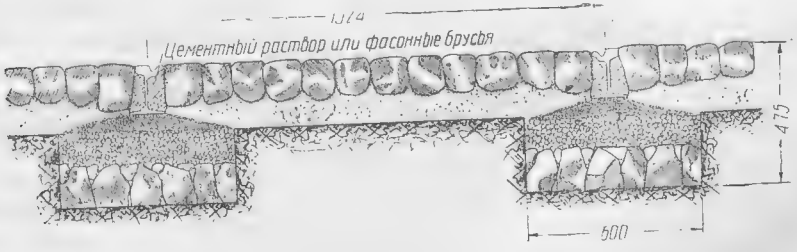
a — ширина колеи,

b — ширина подошвы рельса.

h — толщина щебеночного основания,

β — угол распространения давления в щебне.

Иногда же сплошное щебеночное основание делают под оба пути, что более целесообразно в отношении отвода воды. Бес-



Фиг. 52. Бесшпальное основание на щебеночных канавках.

шпальные щебеночные основания могут удовлетворительно работать только при наличии надежного водоотвода, так как при задержке воды в основании оно быстро разрушается, и пути приходят в расстройство.

Если при устройстве такого типа оснований не осуществить водоотвод от них, то через 2—3 года потребуется ремонт осно-

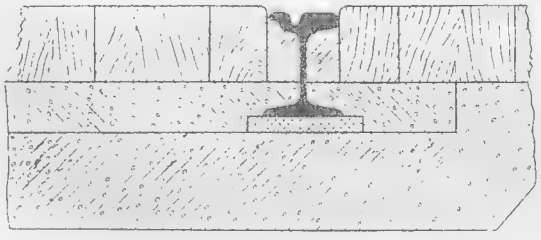
ваний, исправление просадок. Ремонт ежегодно будет принимать все увеличивающиеся размеры, и в конце концов основания потребуют замены. На бесшпально-щебеночном основании пути можно укладывать только из рельсов с широкой подошвой, чтобы не получилось быстрого раздробления щебня.

Взаимное положение рельсовых ниток в щебеночных основаниях осуществляется поперечными тягами, не считая трения подошвы рельсов по щебню и сопротивления мостовой. Иногда на кривых участках для лучшей устойчивости пути к подошве прикрепляют заделываемые в щебеночное основание анкеры из кусков старых рельсов.

Несмотря на простоту и достоинства этого типа основания, рекомендовать его для устройства при значительных нагрузках и скоростях движения нельзя, так как оно не дает гарантии устойчивости пути.

§ 45. Бесшпальные бетонные основания

Опыт строительства бетонных и железобетонных оснований в дореволюционной России и в СССР небольшой. Основные типы были применены в довоенное время в Ленинграде. Рельс опирался непосредственно на бетонную подушку, толщиной 200 мм, и был заделан в бетон на глубину 57 мм. В Москве, в отличие от ленинградского типа, между подошвой рельса и бетоном был уложен слой асфальта (фиг. 53).

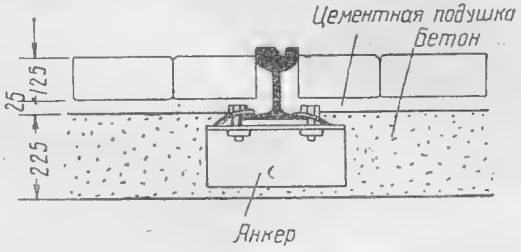


Фиг. 53. Бетонное бесшпальное основание (старый московский тип).

Оба эти типа основания были неудачными. Примененный в Ленинграде тип оказался чрезвычайно жестким ввиду опирания рельса непосредственно на бетон. Введенная подбивка асфальтом не дала положительных результатов, так как асфальт выдавливался из-под подошвы рельса. Слой заделки рельса бетоном оказался недостаточным для удержания рельса от вертикальных перемещений. Неоднородность грунтов под бетонным основанием и отсутствие водоотвода вызвали разрушение бетонной плиты, а отсутствие связи рельса с основанием делали путь малоустойчивым.

За границей имелось большое количество различных конструкций бетонных оснований, которые кратко можно свести к следующим: вместо асфальтовой подбивки между подошвой рельса и бетонной плитой укладывались дубовые доски толщиной 60 мм, которые служили упругой прокладкой (в Париже, Антверпене), или деревянные лежни 100 × 180 мм (в Париже, Гуле); рельс

соединялся с основанием при помощи анкеров (в Лондоне — фиг. 54, Шеффильде, Лидсе); в некоторых случаях сплошное бетонное основание заменялось основанием из продольных бетонных лежней отдельно под каждую рельсовую нитку и рельс подбивался слоем щебня (в Манчестере) или цементным раствором (в Дрездене). Рельсы скреплялись при помощи поперечных анкеров, или анкеры заделывались у рельсовых ниток, или скрепление осуществлялось только поперечными тягами.

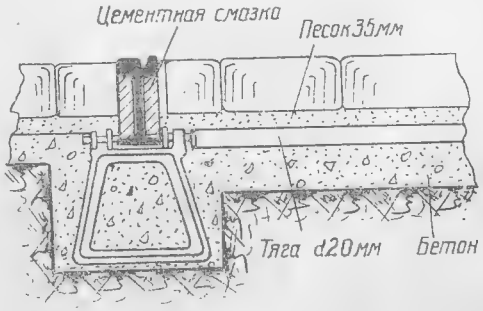


Фиг. 54. Бетонное основание с анкером (Лондон).

Многолетняя практика эксплоатации трамвайных путей на бетонных основаниях и выявленные недостатки этих оснований заставили в последнее время перейти к более надежному виду основания: железобетонному с ординарной или двойной арматурой и металлическими или деревянными шпалами. Бетон стали применять повышенного качества.

Приводим описание некоторых типов армированных железобетонных оснований, применяющихся за границей.

На фиг. 55 дана конструкция пути в Филадельфии (США). Рельсы Феникс прикреплены к металлическим опорам, полностью заделанным в бетонную подушку основания, имеющую под рельсом толщину 385 мм, ширину 450 мм. Толщина бетонной плиты между рельсами 185 мм. Нитки рельсов, кроме того, связаны в плоскости подошвы поперечными связями.

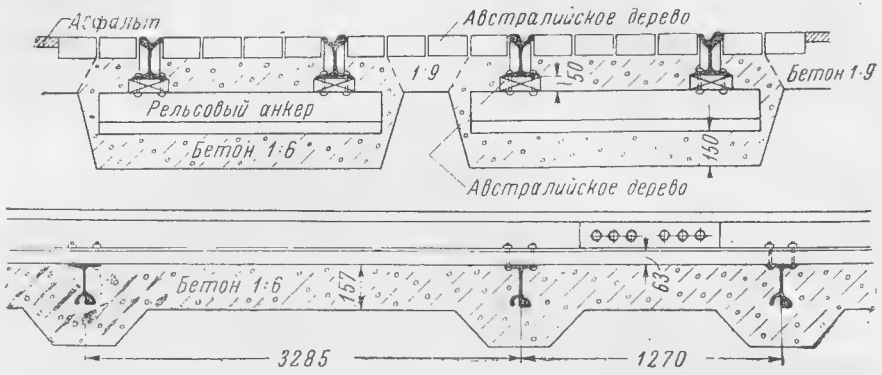


Фиг. 55. Железобетонное основание (Филадельфия).

Конструкция, примененная в Нюрнберге, состояла в том, что рельс Феникс заделывался в бетон до головки. Для большей монолитности пути и связи рельса с бетоном была заложена поперечная арматура, пропущенная через шейку рельса.

Конструкция пути в Эльберфельде (США) состоит в следующем: рельсы Феникс положены непосредственно на продольную железобетонную балку шириной 500 мм и толщиной 180 мм и скреплены с ней болтами. Балка снабжена густой продольной, поперечной и вертикальной арматурой. Под железобетонной балкой уложен слой песка, а пространство между балками засыпано щебнем.

На фиг. 56 представлена конструкция основания в Гааге. Рельсы связаны анкерами, а под подошву рельсов для эластичности подложены доски из австралийского дерева. Анкеры соединены с рельсом болтами и заделаны в бетон.



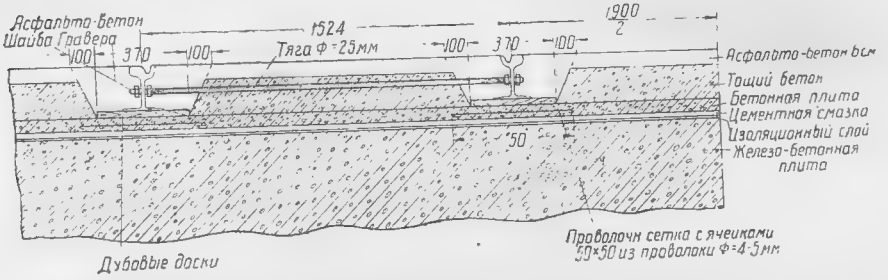
Фиг. 56. Железобетонное основание с заделанными анкерами (Гаага).

Интересный тип основания был применен в Бруклине (фиг. 57). Вместо арматурной сетки была применена продольная арматура, укладываемая под рельсами с бетоном марки 210 кг/см².

Фиг. 57. Железобетонное основание (Бруклин).

На Московском трамвае в 1937—1938 гг. на новых мостах была применена конструкция бетонного основания с укладкой рельсов на сплошных поперечных дубовых пропитанных креозотом

досках шириной 12—20 см, длиной 37 см и толщиной 2,5 см, с армированием цементной смазки проволочной сеткой (фиг. 58). Рельсовые нитки скреплялись поперечными тягами, заделанными в бетон. Покрытие всего полотна пути асфальтобетоном на цементно-бетонном основании не предохранило конструкцию от попадания воды в основание через шов сопряжения асфальта с рельсом. Вода, застаиваясь в основании, разрушала его, путь, ввиду



Фиг. 58. Бетонное основание на дубовых досках (Москва).

отсутствия связи рельса с основанием, получился недостаточно устойчивым, и основание быстро разрушилось. Такой тип основания на мостах представлял большой интерес ввиду незначительной конструктивной высоты, весьма облегчающей общий вес конструкции моста. Однако, отрицательные стороны конструкции путей сводят на-нет эти преимущества. Поэтому в дальнейшем целесообразное разрешение конструкции путей на мостах нужно искать в умень-

Фиг. 59. Основание с втопленными в бетон брусьями (Гуль).

шении высоты рельса и в конструкции, дающей полную гарантию отвода воды и надежной связи рельсов с основанием.

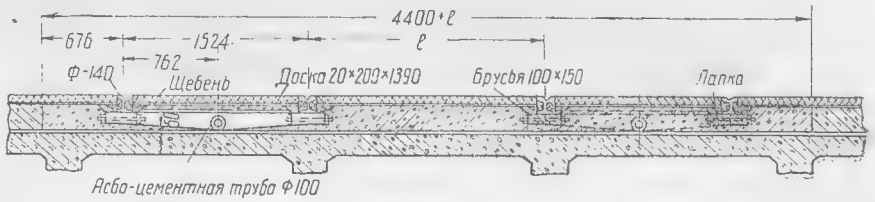
Анализируя все применяющиеся типы бесшпально-бетонных оснований, можно притти к заключению, что хотя эти основания весьма заманчивы по своей прочности, отсутствию материалов, подверженных загниванию, и кажущейся долговечности, но все они имеют большие недостатки, заставляющие очень осторожно подходить к их применению. Конструкция большинства применяемых типов оснований создает неудобства работ при смене рель-

сов, невозможность ремонта без закрытия движения на продолжительный срок, отличается жесткостью и недостаточно продуманным устройством водоотвода.

К бесшпально-бетонным основаниям можно также отнести основания на продольных деревянных брусьях, втопленных в бетон. Это основание, обладая большой устойчивостью, имеет в то же время достаточную и равномерную упругость.

Такой тип был применен в Гуле (фиг. 59). Рельсы были уложены на продольные брусья, втопленные в бетон, и скреплены пропущенными через основание и подошву рельса болтами. Брусья изготовлялись из австралийского твердого дерева и пропитывались креозотом.

На Московском трамвае применяется подобная конструкция с продольными брусьями, втопленными в бетон, но крепление к ним



Фиг. 60. Основание с втопленными в бетон брусьями (московский тип).

осуществляется шурупами через прижимные лапки (фиг. 60). Брусья под рельсами применяют двойные шириной по 150 мм, соединенные болтами. Концы выпущенных болтов служат арматурой бетона, связывающей дополнительно путевую конструкцию с бетоном. Водоотвод предусмотрен при помощи специальных трубок, заделанных в бетон и отводящих просачивающуюся между рельсом и верхним покрытием воду.

§ 46. Пути смотровых канав трамвайных депо

Трамвайные депо должны быть оборудованы такими смотровыми помещениями, в которых вагон можно осматривать и свободно ремонтировать снизу. Конструкция пути в таких смотровых помещениях, называемая смотровыми канавами, резко отличается от нормальной конструкции пути.

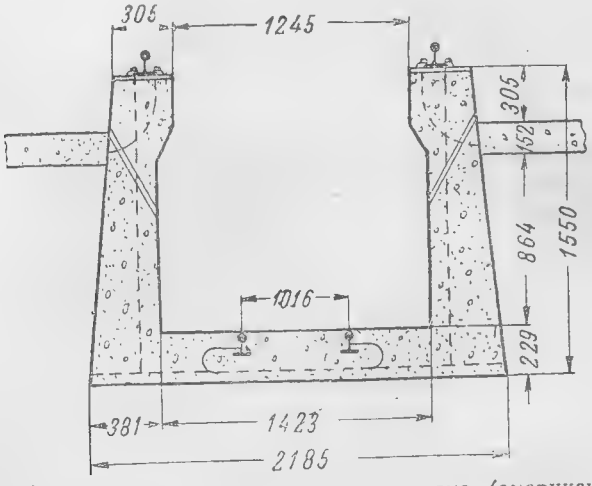
Основание пути, осуществляющее передачу давления от вагона через рельс, нельзя устраивать между рельсовыми нитками пути.

Пути смотровых канав вагонных сараев делают обычно с уклоном 0,0015 по направлению к воротам сарая.

На практике наиболее часто встречаются следующие конструкции смотровых канав и путей на них:

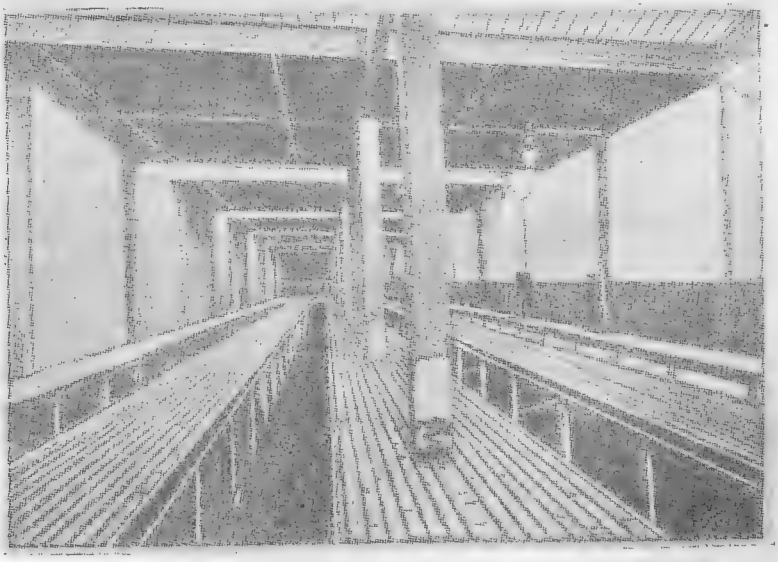
1. Смотровые канавы глубиной около 1,5 м, ограниченные кирпичными стенами в 1,5 кирпича. Поверх стен положены продольные деревянные брусья, на которых укреплены рельсы. Дно канав

делается из бетона и предусматривается водоотвод, для чего дну ямы придают уклон около 0,0025. Дно канав покрывают слоем



Фиг. 61. Железобетонная смотровая яма (американского типа).

бетона. Воду из пониженных мест, где расположены приемные колодцы, отводят в водосточную сеть.



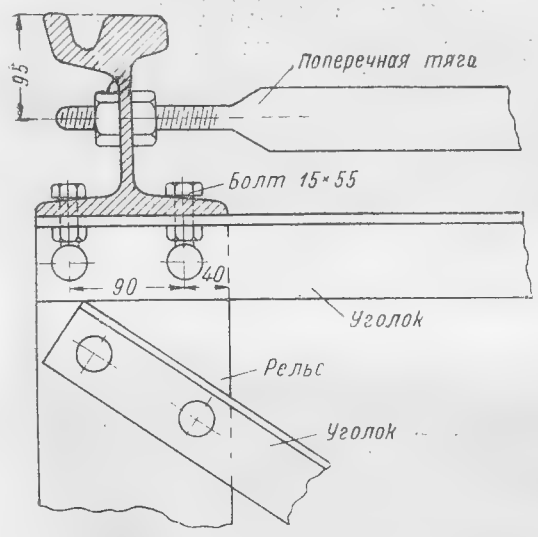
Фиг. 62. Общий вид вагонного сарая с ямами на железобетонных колоннах.

2. Подобную же конструкцию представляют собой смотровые бетонные канавы, имеющие форму коробки. Стены и пол

канавы бетонные. Рельсы уложены на продольных деревянных брусьях.

3. Американский тип железобетонной канавы (фиг. 61) отличается тем, что пол междупутья понижен на 0,4 м от головки рельса, что создает большие удобства при осмотре. Рельсы скреплены со стенами канавы анкерными болтами и уложены на подкладках. По дну канавы проложен узкоколейный путь для облегчения подачи деталей к ремонтируемым вагонам.

4. Рельсовые пути на смотровых канавах могут быть уложены на бетонных или железобетонных столбиках (колоннах), соединенных в верхней части балочкой; таким образом, получается подобие рамы. Рельсы укладываются непосредственно на колонны с применением подкладок или на продольные деревянные брусья. При хороших грунтах каждая колонна может иметь самостоятельный фундамент. При наличии же слабых грунтов пол каждого отделения сарая рассчитывают как сплошную железобетонную плиту, усиленную железобетонными балками. Балки расположены вдоль путей, на которые и опираются железобетонные колонны, поддерживающие трамвайные пути в смотровых канавах, причем колонны прочно соединены с балками.



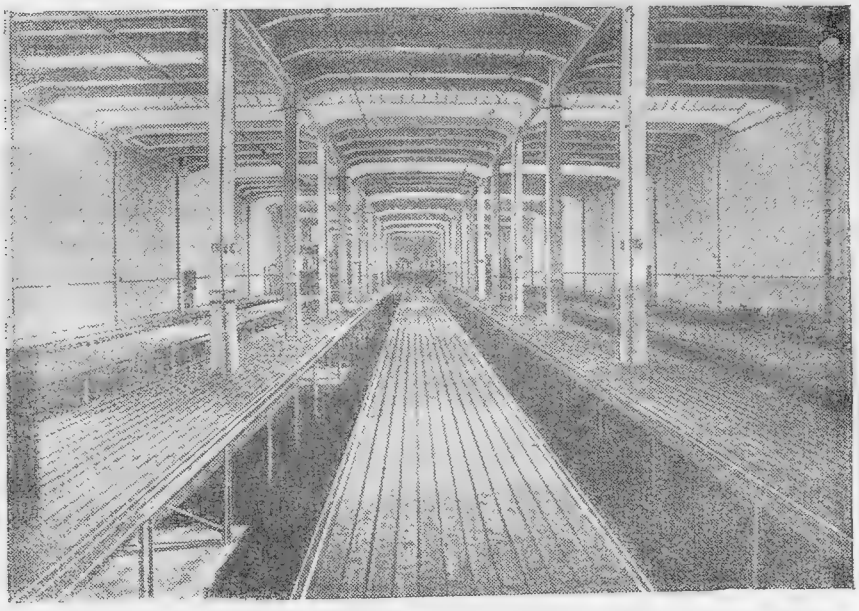
Фиг. 63. Скрепление рельсов с металлической фермой.

Общий вид вагонного сарая с конструкцией путей смотровых канав из рельсов Виньоль на железобетонных столбиках (колоннах) показан на фиг. 62.

5. Наибольшее распространение в последнее время в смотровых канавах вагонных сараев получила конструкция укладки путей, поддерживаемых металлическими фермами из старых рельсов, склепанных при помощи перекрещивающихся уголков. Фермы располагают на расстоянии около 2 м друг от друга. Рельсы укрепляют на уголках при помощи болтов (фиг. 63). Стойки ферм опираются на чугунные или железные подушки, которые заделываются в бетонные фундаменты. Общий вид вагонного сарая с конструкцией путей смотровых канав из рельсов Феникс на металлических фермах показан на фиг. 64.

Из описанных конструкций смотровых канав, как уже указывалось, в настоящее время наибольшее распространение получили

пути, уложенные на металлических фермах. В этом случае для изготовления ферм применяют бывшие в деле рельсы, негодные для укладки в путь. Могут быть использованы даже короткие куски рельсов. Поэтому этот тип смотровых канав целесообразен и с экономической точки зрения. Пути на продольных деревянных брусьях, уложенных на бетонных или кирпичных стенках



Фиг. 64. Смотровые ямы на металлических фермах.

или на железобетонных колоннах, как более упругие, издают при проходе вагонов меньше шума и также довольно просты с конструктивной точки зрения.

При укладке путей на смотровых канавах могут быть применены рельсы Феникс и Виньоль. Рельсы Виньоль можно укладывать только на тех путях, куда не подают вагоны с неисправными ходовыми частями (сломанные оси, изношенные реборды, перекос тележек), так как они не имеют упора с внутренней стороны (жолоба или контррельса), и вагон может сойти с рельсов. Рельсы Виньоль железнодорожного типа, имеющие меньший момент сопротивления и больший прогиб, при укладке пути на колоннах или фермах требуют более частого расположения ферм или колонн, чем рельсы Феникс.

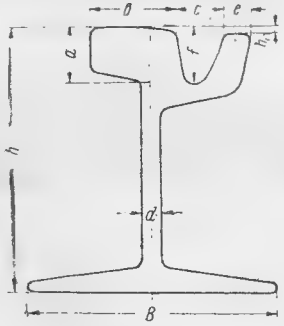
ГЛАВА IV

УСТРОЙСТВО ВЕРХНЕГО СТРОЕНИЯ ТРАМВАЙНЫХ ПУТЕЙ

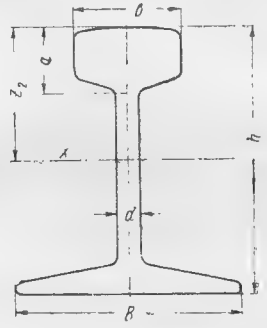
§ 47. Рельсы

Рельсы представляют собой основную часть путевого хозяйства, так как непосредственно воспринимают давление от колес подвижного состава. Выбор рационального профиля рельса и структуры рельсовой стали — это наиболее сложная задача техники путевого хозяйства.

Различные условия, в которых приходится работать рельсу, безопасность движения и экономические соображения предъявляют



Фиг. 65. Рельсы типа Феникс



Фиг. 66. Рельсы типа Виньоль.

к рельсу разные, иногда противоречивые требования. Для безопасности движения и сопротивления динамической нагрузке необходима мощность и прочность рельса. Это требование противоречит экономическим соображениям, по которым профиль рельса желательно иметь наименьшего сечения, так как каждый лишний килограмм веса на погонный метр рельса составляет для страны лишний расход тысяч тонн металла в год. Твердость рельса, необходимая для предохранения его от истирания под колесами подвижного состава, противоречит требованию мягкости и эластичности для избежания разрыва от ударных действий колес подвижного состава.

Специальные условия работы трамвайных путей в замощенных проездах заставляют иметь рельсы, отличающиеся от железно-

дорожных характером профиля. Высота железнодорожных рельсов, не зависящих от замощения путей, может быть меньше высоты трамвайных рельсов. Замощение рельсовой колеи вызывает необходимость создания вдоль рабочей поверхности головки рельса жолоба для свободного прохода реборды бандажа вагона. Для трамвайных линий на обособленном полотне условия работы, за исключением нагрузки, те же и там применяются нормальные железнодорожные рельсы.

В настоящее время как трамвайные, так и железнодорожные рельсы изготовляют из мартеновской, бессемеровской или томассовской стали, которая по своим свойствам приближается к требованиям, предъявляемым к рельсу, — она достаточно тверда, не слишком хрупка и дает достаточное удлинение при растяжении.

В путевом хозяйстве трамваев применяются рельсы двух основных типов: трамвайные жолобчатые рельсы Феникс и железнодорожные рельсы типа Виньоль (фиг. 65 и 66). Рельс имеет головку, шейку и подошву, причем в рельсах Феникс головка состоит из большого яблока и малого яблока или губки.

Основные размеры, характеризующие рельс типа Виньоль, следующие:

высота рельса — h,
ширина подошвы — B,
ширина головки — b,
высота головки — a,
толщина шейки — d,
площадь поперечного сечения — ω_1
вес 1 пог. м — p,
момент инерции относительно нейтральной оси — J_x
момент сопротивления (по верхнему волокну) $\frac{J_x}{z_2}$ — W_z

Рельсы Феникс характеризуются дополнительно следующими данными:

Основные размеры стандартных типов рельсов

Таблица 15

Тип рельса	h мм	B мм	b мм	a мм	d мм	ω см²	p кг	J_x см⁴	W_z см³	c мм	f мм	e мм	h_1 мм
Феникс высотой 180 мм для прямых (Т-55)	180	170	58	38	12	70,47	55,17	3227,9	345,0	32	38	17	+4
Феникс высотой 180 мм для кривых (Т-60)	180	170	58	38	12	77,45	60,65	3542,7	355,1	37	35,8	26	−5
Феникс высотой 140 мм для прямых	140	150	65	38	12—14	66,10	51,56	1646,2	221,3	35	38	16	+2
Феникс высотой 140 мм для кривых	140	150	65	38	12—14	72,16	56,28	1808,6	228,9	35	38	26	−5
Виньоль Ia	140	125	70	44	14	55,64	43,567	1476,1	209,7	—	—	—	—
Виньоль IIa	135	114	68	40	13	49,06	38,416	1222,5	182,0	—	—	—	—
Виньоль IIIa	128	110	60	37	12	42,76	33,48	968,0	146,9	—	—	—	—

ширина жолоба — c
глубина жолоба — f
толщина малого яблока — e
превышение большого яблока над малым — h_1

Основные геометрические размеры применяемых на трамвае стандартных типов рельсов Феникс и Виньоль приведены в табл. 15.

§ 48. Химический состав и структура рельсовой стали

Рельсовая сталь состоит главным образом: из феррита Fe — свободного от углерода железа и перлита Fe_3C — смеси феррита и цементита.

Чем больше углерода содержит сталь, тем она тверже и тем менее подвержена истиранию, но зато хрупкость ее увеличивается. Рельсовую сталь в различных странах вырабатывают с разным процентным содержанием углерода:

в СССР	0,38—0,65%,
в Англии	0,35—0,50%,
в США	0,40—0,89%.

В стали трамвайных рельсов содержание углерода может быть больше, чем в железнодорожных, так как опасность разрыва рельса на трамвае значительно меньше, чем на железной дороге.

Примеси фосфора P и серы S вредны, так как придают рельсу хрупкость (фосфор делает металл хладноломким, а сера вызывает красноломкость его). Содержание этих примесей ограничивается известными пределами:

в США	фосфора до 0,05— 0,08%,	серы до 0,05—0,06%,
в Англии	» » 0,07—0,075%,	» » 0,07—0,08%,
в США	» » 0,04— 0,10%	

Примеси кремния Si и марганца Mn полезны, так как увеличивают твердость стали. Количество кремния и марганца в рельсовой стали вводится в следующих процентах:

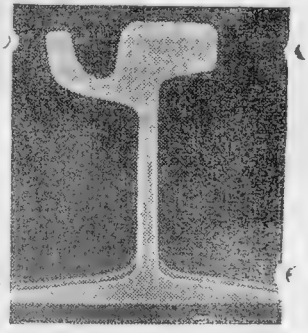
в СССР	кремния не менее 0,18%,	марганца 0,6—1,1%
в Англии	» » » 0,10%	» 0,7—1,0%
в США	» » 0,10—0,15%	» 0,5—1,1%

В последнее время количество вводимого марганца начали увеличивать, что дает хорошие результаты. Например, при строительстве второй очереди Московского метрополитена содержание марганца в рельсах составляет более 1,2%. В США применяют рельсы с содержанием марганца до 1,9%. В литой рельсовой стали содержание марганца составляет от 10 до 15%.

Кроме того, основную рельсовую сталь улучшают облагораживанием ферросплавами — примесью хрома, никеля, ванадия. Примесь этих дорогих металлов при производстве рельсовой стали не всегда экономически целесообразна, но для трамваев имеет

большое значение ввиду сильного износа рельсов на кривых. Рельсы из облагороженной стали были уложены на опытных участках Московского трамвая на кривых. Примесь хрома составляла до 0,22% и никеля до 0,36%. Данные опытов дают весьма положительные результаты. Срок службы таких рельсов повышается почти в полтора раза.

Рельс в поперечном сечении, а также и по длине, имеет неоднородную структуру.



Фиг. 67. Макроструктура.

Вопросу неоднородности рельсовой стали в последнее время уделяется большое внимание у нас и за границей.

Произведенными исследованиями установлено, что структура рельсов типа Феникс более неоднородна, чем рельсов типа Виньоль. Причина этого явления заключается в более сложной конфигурации профиля рельсов Феникс, вызывающей неравномерное обжатие и обработку отдельных частей профиля при различных температурах, доходящих до 980°, в то время как лучшая однородная мелкозернистая сталь при ее обработке давлением получается при температуре в 700—860°. Однородность структуры рельсовой стали проверяется при помощи макроструктурных и микроструктурных испытаний.

Макроструктура выявляется глубоким травлением образца рельса по всему поперечному сечению. Травление производят обычно серной кислотой H_2SO_4, а иногда и другими способами, после чего протравленный образец фотографируют в натуральную величину (фиг. 67). Доброкачественная сталь должна иметь равномерную мелкозернистую структуру. Недоброкачественность заключается, главным образом, в явных признаках ликвации (отделение легкоплавких веществ от трудноплавких) и на снимке будут заметны продольные жилы, которые иногда переходят во внутренние трещины.

Для получения микроструктуры из рельса берут небольшой образец, полируют его и, после протравливания однопроцентным раствором азотной кислоты в алкоголе, фотографируют — с увеличением микроскопом в 100—150 раз.

На фиг. 68 показана микрофотография структуры рельса с увеличением в 100 раз по одному сечению рельса: *A* — на расстоянии 1 мм от поверхности головки, *B* — на глубине 2,5 мм и *C* — на глубине 10 мм от поверхности головки. На фотографии изображение феррита оказывается белым, а перлита черным. Структура однородного металла рельса должна быть перемешанная, зернистая; сетчатая же структура (видманштедтова структура) будет указывать на недоброкачественность стали в результате перегрева.

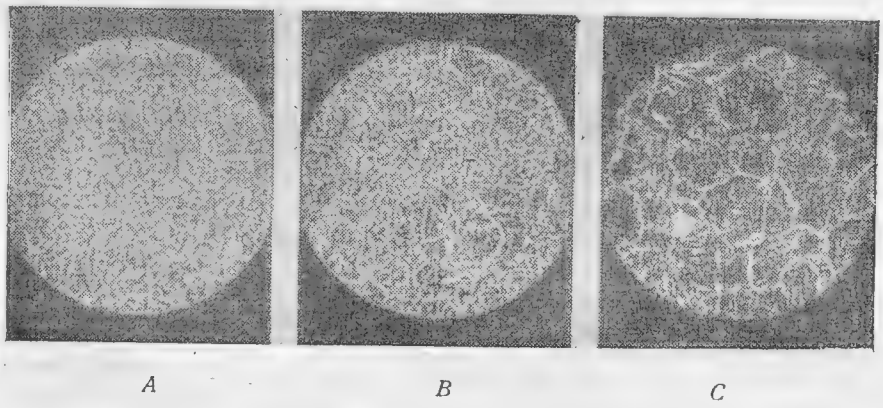
Структура *A* — чисто ферритовая, мягкая, что подтверждает наблюдающийся сильный износ и наплывы рельсов в первые дни работы на линии. Из-за мягкой ферритовой структуры рельс

в верхней части головки подвержен быстрому износу. Структура *B* — перлитовая, средне-зернистая, удовлетворительного качества и структура *C* — крупнозернистая и имеет признаки видманштедтовой структуры.

Структура металла в шейке и в подошве обычно лучше, чем в головке рельса.

Все это подтверждается данными испытания на твердость того же образца, по способу Бринеля, давлением шариком диаметром 10 мм. Испытания образцов дали следующие результаты:

на расстоянии 1 мм от поверхности головки число твердости	192
„ „ 3 „ „ „ „ „ „	217
„ „ 10 „ „ „ „ „ „	207
середина шейки	217
подошва	228



A *B* *C*

Фиг. 68. Микроструктура рельсовой стали.

Эти исследования производились инж. П. П. Шишковым и подтвердили значительную неоднородность рельсов Феникс. Причины неоднородности еще достаточно не изучены и зависят от способа разливки и остывания стали, как следствие расположения ликвации, от различного обжатия при прокатке, от обработки разных частей профиля при разных температурах, от калибровки профиля.

§ 49. Технические условия на рельсы

Технические условия на рельсы должны содержать данные: химический состав рельсовой стали, геометрические размеры рельса, механические свойства стали, признаки бракировки и правила испытаний и приемки.

Требования технических условий к химическому составу стали, механическим ее свойствам и обязательность различных испытаний в разных странах нормируются по разному. У нас обязательны испытания на растяжение, проба на удар и химический анализ. За границей, кроме того, производят испытания на твердость, по

Бринелю, ударом подвешенным грузом и другие. Некоторые испытания обязательны, другие только рекомендуются.

Испытание на твердость металла при помощи шарика Бринеля в настоящее время заменяют испытанием на истирание.

Микроструктурные и макроструктурные испытания в настоящее время необязательны, несмотря на то, что они очень полезны.

Некоторые страны ввели в свои технические условия требование, чтобы *Ri* — произведение временного сопротивления на удлинение было не менее 900—1000.

Ri характеризует работоспособность металла при сопротивлении разрыву, так как *R* — сила, *i* — путь, проходимый при растяжении. На это требование также следует обратить внимание.

Единых технических условий (ОСТа) на трамвайные рельсы Феникс у нас пока нет. Большей частью они приближаются к нормальным техническим условиям на железнодорожные рельсы Виньоль (ОСТ 4118), но с более облегченными допусками как в части геометрических размеров, так и состава стали.

Приводим основные требования, предъявляемые к трамвайным рельсам Феникс.

1. Рельсы по своему качеству подразделяются на два сорта: I сорт и II сорт.

А. Рельсы I сорта

2. Рельсы могут изготовляться из бессемеровской, мартеновской или томассовской стали.

Химический состав рельсовой стали следующий:

Для бессемеровской стали

Углерода	не менее 0,44%
Марганца	— 0,60—1,10%
Серы	не более 0,07%
Фосфора	не более 0,08%.

Для мартеновской стали

Углерода	— 0,53—0,70%
Марганца	— 0,65—0,90%
Кремния	— 0,15—0,30%
Серы	не более 0,05%
Фосфора	не более 0,05%.

Для томассовской стали

Углерода	— 0,45—0,55%
Марганца	— 0,60—0,90%
Серы	не более 0,07%
Фосфора	не более 0,08%.

3. Структура стали. В изломе рельсы должны быть без шлаковин, раковин, расслоений и пузырей.

Обжатый слиток (блюмс) и выкатанная из него рельсовая полоса должны быть обрезаны настолько, чтобы на торцах рельсов не осталось следов усадочной раковины в виде расслоения и трещин.

Отсутствие расслоения можно проверять вырубкой зубилом стружки на торце рельса, — раздвоение стружки служит признаком расслоения.

4. Правка рельсов. Тотчас после прокатки все рельсы должны подвергаться предварительной правке в горячем состоянии таким образом, чтобы после остывания перед холодной правкой рельсы не имели резких местных перегибов и кривизны.

Вторичное нагревание рельсов для правки не допускается.

После окончательной правки в холодном состоянии рельсы должны быть прямыми.

Допускается равномерная по всей длине рельса кривизна в горизонтальной или вертикальной плоскости со стрелой прогиба не более $^1/_{1250}$. Скручивание рельса вокруг продольной оси, волнистость и концевые искривления не допускаются.

5. Обрезка концов рельсов. Концы рельсов должны быть обрезаны под прямым углом к продольной оси. Фрезеровка концов обязательна.

6. Внешний вид. Наружная поверхность рельсов должна быть гладкая, чистая, без плен, рванин и трещин. Допускаются волосовины глубиной не более 1,5 мм протяжением не свыше 22 мм, что проверяется вырубкой зубилом.

Закаты на подошве и выпуклость ее не допускаются. Вогнутость допускается до 0,5 мм. На шейке допускаются выступы, не превышающие 5 мм по высоте и расположенные вне пределов накладки.

Обдирка или запиловка заусенцев и других случайных выступов допускается при условии соблюдения размеров допусков, предусмотренных размерными стандартами.

7. Размеры. По профилю и размерам поперечного сечения, по длине и допускам рельсы должны удовлетворять нормам стандарта на сортамент и допускам для трамвайных рельсов:

рельсы типа Феникс для прямых участков пути:

85% всего количества должны быть изготовлены длиной 15 м;

12% могут быть изготовлены длиной 14; 13; 12 и 11 м, по усмотрению завода;

3% могут быть изготовлены длиной 10; 9 и 8 м, по усмотрению завода;

рельсы типа Феникс для кривых:

70% всего количества должны быть изготовлены длиной 15 м;

25% могут быть изготовлены длиной 14,5; 14; 13,5; 13; 12,5; 11 и 10,5 м, по усмотрению завода;

5% могут быть изготовлены длиной 10; 9,5; 9; 8,5 и 8 м, по усмотрению завода.

Примечание. Для некоторых заводов установлена наибольшая нормальная длина рельса, равная 12,5 м.

Допуски в размерах профиля:

а) по ширине подошвы . . . . . + 3 мм;
б) по высоте губки . . . . . + 2 мм;
в) по высоте рельса . . . . . + 1 мм;

г) по длине рельса + 6 мм;
д) в толщине шейки + 1 мм — 0,5 мм;
е) в ширине головки ± 1 мм;
ж) в высоте головки + 3 мм;
з) в ширине жолоба + 2 мм;
и) в глубине жолоба + 3 мм;
к) в толщине губки ± 1 мм.

л) несимметричность поперечного сечения относительно вертикальной оси в подошве не свыше ± 3 мм;

м) в размерах дыр для болтов в расстоянии между дырами и от крайней дыры до конца ± 1 мм;

н) отклонение от прямолинейной вертикальной плоскости ± 3 мм.

8. Механические свойства. В зависимости от величины временного сопротивления при испытании на растяжение рельсы I сорта должны иметь временное сопротивление не менее 75 кг/мм².

Б. Рельсы II сорта

9. Ко II сорту относятся рельсы со следующими отступлениями от технических условий на рельсы I сорта:

а) имеющие трещины, волосовины, плены и рванины глубиной не более 3 мм, что проверяется вырубкой зубилом;

б) отклонения в размерах поперечного сечения не более чем вдвое против допусков, указанных в размерном стандарте;

в) имеющие временное сопротивление разрыву менее 75 кг/мм², но не менее чем 65 кг/мм²;

г) имеющие отклонения плавочного химического состава от приведенных в п. 2 требований, но не выше чем по углероду ± 0,03, по марганцу ± 0,10, по кремнию ± 0,05.

Для рельсов профиля для прямых по фосфору + 0,01.

В. Приемка рельсов

10. Приемка готовых рельсов производится Отделом технического контроля завода-изготовителя.

11. Наружному осмотру и обмеру может быть подвергнуто любое число рельсов. Результат наружного осмотра и обмера должны удовлетворять требованиям технических условий.

12. Для приемки рельсы делят на партии весом 100 т. Остаток весом до 20 т присоединяют к одной из партий.

13. От одного рельса каждой партии (по выбору приемщика) тотчас при выходе его из прокатки, после удаления головной части отрезают кусок, на торце головки которого выбивают номер плавки. Из середины головки этого куска рельса вытачивают круглый образец диам. 15 мм при расчетной длине 150 мм, который и подвергают испытанию на растяжение.

14. В случае неудовлетворительности результатов испытания в том же порядке отбирают образцы от двух других рельсов той же плавки, которые и испытывают.

В случае неудовлетворительности хотя бы одного из этих испытаний все рельсы данной плавки бракуют или переводят во II сорт, в зависимости от результатов испытания.

Для бессемеровских рельсов из остальных рельсов всей партии отбирают образцы от двух разных плавок и производят испытания, и, если потребуется, переиспытание. В случае удовлетворительности испытаний этих плавок рельсы всей партии принимают, кроме забракованной или переведенной во II сорт плавки. В случае неудовлетворительности хотя бы одной из этих двух плавок испытанию на растяжение подвергают образцы от каждой плавки данной партии. Плавки, образцы от которых дали неудовлетворительные результаты, бракуют или переводят во II сорт без переиспытания.

15. Проба на удар (бабой). От каждой партии отбирают два куска, которые подвергают пробе на удар под копром одним ударом бабы. Результаты испытания считаются факультативными и не могут служить причиной забракования рельсов.

Для испытания на удар двух рельсовых полос любых двух плавок данной партии в горячем состоянии отрезают от каждой полосы со стороны усадочного конца головного рельса кусок около 1,5 м и клеймят немедленно номером плавки.

Проба на удар бабой производится после полного остывания пробного куска до обычной температуры, но не ниже 0°.

Высота падения бабы при пробе ударом должна быть 6 м при весе падающей бабы 500 кг и расстоянии между опорами 1,05 м.

Результаты испытаний с указанием стрелы прогиба заносят в журнал испытаний.

16. На шейке каждого рельса в процессе изготовления выкатывают выпуклыми (1 мм) знаками: марку завода, год и месяц изготовления.

17. Независимо от знаков, выкатанных согласно предыдущему пункту, на шейке каждого рельса вне пределов накладки на расстоянии около 1 м от конца должен быть выбит в горячем состоянии номер плавки, из которой прокатан рельс.

На шейке первого от головного конца полосы рельса выбивают в горячем состоянии цифру 1. Этот знак устанавливают на расстоянии около 1 м от конца рельса, ближайшего к усадочной части.

Второй рельс от головного конца клеймят на таком же расстоянии в горячем состоянии цифрой 2.

Номер плавки и знаки первого и второго рельса по окончании отделки перебивают в холодном состоянии на торец рельса.

18. Все рельсы, показавшие удовлетворительные результаты при испытаниях на растяжение и по наружному осмотру, приемщик клеймит с обоих торцов установленным клеймом.

19. На всех забракованных рельсах, не удовлетворяющих техническим условиям рельсов I и II сортов, при помощи крейцмейселя делают пересечение по середине рельса всего комплекта клейма на ширину около 5 мм.

На рельсах II сорта такую же вырубку крейцмесселем делают только на марке завода, а подошву и половину шейки у одного конца рельса окрашивают красной краской.

20. При приемке рельсов на заводе составляют приемочный акт, в котором указывают номера плавок, химический анализ, количество рельсов по размерам и результаты всех испытаний.

§ 50. Термическая обработка рельсов

В настоящее время в Европе и США получает широкое распространение термическая обработка рельсов. Сущность этого способа заключается в такой закалке рельсов, при которой феррито-перлитовая структура рельсовой стали переходит в сорбитовую.

В сорбитовой структуре твердый раствор железа с углеродом еще не диференцировался на феррит и цементит.

Рельсы с сорбитовой структурой лучше сопротивляются износу, они более вязки, менее хрупки и в то же время очень тверды.

Идея сорбитизации рельсов не нова и еще в 1864 г. в России на Демидовском заводе производилась закалка рельсов. В настоящее время этому вопросу уделяют мало внимания, хотя положительные результаты сорбитизации рельсов очевидны.

Термической обработке подвергают лишь головку рельса, как подверженную износу.

Способы сорбитизации рельсов различны. В США и Англии применяют способ Зандберга, заключающийся в том, что на головку горячего рельса, вышедшего из прокатного стана, направляют струю воздуха с пульверизированной водой в течение одной минуты, после чего рельс подвергают естественному охлаждению.

Во Франции применяется способ, заключающийся в том, что головку горячего рельса после выхода из прокатного стана погружают несколько раз в закалочную ванну с водой. В зависимости от числа и продолжительности погружений можно получить любой эффект закалки.

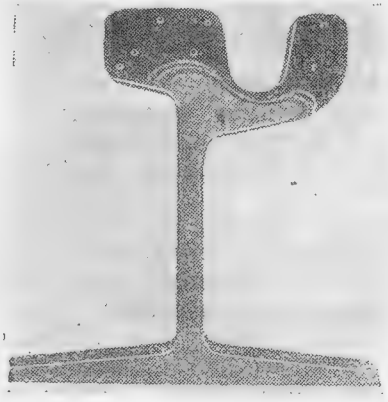
В СССР пользуются способом инж. Шадрина: через узкую щель на головку горячего рельса под давлением пускают струю воды, которая покрывает головку снопом брызг.

При термической обработке рельсов нужно следить за равномерным их остыванием, так как быстрое остывание вызывает вредные напряжения, получающиеся из-за того, что рельс по своему профилю остывает неравномерно — головка медленнее, чем подошва.

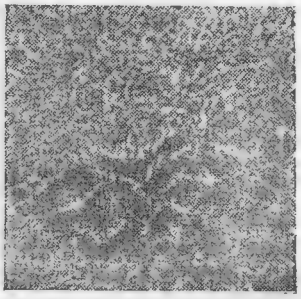
Широкое распространение начинает получать электрический способ закалки рельсов. Этот способ должен, повидимому, оказаться наиболее простым, дешевым и надежным. Особенно хорошие результаты получаются от закалки токами высокой частоты.

Термическая обработка рельсов разрешает противоречие требований, которые предъявляются к рельсовой стали, — получается твердая устойчивая против износа головка рельса и одновременно прочный профиль рельса в отношении излома.

За границей существует еще способ получения двухслойных рельсов с чрезвычайно устойчивой против износа рабочей частью головки. Верх головки делается из специальной легированной стали с сопротивлением около 120 кг/см², а нижняя часть головки, шейка и подошва из мягкой стали с сопротивлением около 55 кг/см² (фиг. 69 и 70).



Фиг. 69. Двухслойный рельс типа Феникс.



Фиг. 70. Микроструктура переходной области двухслойного рельса, увеличенная в 35 раз.

Опыты с двухслойными рельсами доказали увеличение срока службы по сравнению с нормальными рельсами в 3—3,5 раза и полную надежность их работы.

§ 51. Типы и профиль рельсов

Кроме основных типов рельсов Феникс (трамвайные) и Виньоль (железнодорожные) на трамвайных путях применялись раньше, а в некоторых местах применяются и теперь, и другие типы рельсов (составные, двухголовые).

Раньше в России было большое количество разных типов рельсов Феникс, причем многие крупные трамваи имели свои профили рельсов. Основные размеры некоторых типов показаны в табл. 16.

Таблица 16

Характеристика рельсов Феникс старых типов

Тип рельса	Вес, кг/пог. м	Высота, мм	Ширина подошвы, мм
Московский	46,8	170	150
Ленинградский . . .	50,4	180	170
Рижский	46,7	180	140
Облегченный	40 2	152	152

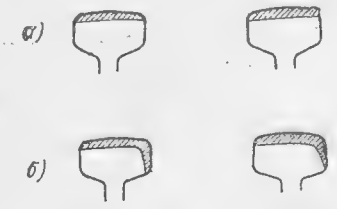
Значительное количество типов рельсов усложняло их изготовление (прокатку). В 1923 г. был разработан и утвержден Трамвайным съездом объединенный профиль рельса высотой 180 мм. Этот профиль применяется и в настоящее время. В 1940 г. начал применяться низкий профиль Феникс высотой 140 мм.

Применяемый в настоящее время профиль рельсов Феникс и Виньоль претерпел значительные изменения в результате большого количества опытов на протяжении многих лет. Форма рельса обусловливается его работой как балки и во всех случаях приближается к двутавровому сечению, как наиболее выгодному в отношении использования металла.

Профиль рельсов Виньоль значительно проще профиля рельсов Феникс, в котором наличие жолоба усложняет профиль и расчет.

Форма жолоба должна соответствовать профилю бандажей и реборд и помогать беспрепятственно вписываться в кривые. Боковая поверхность жолоба должна ограничивать горизонтальный износ головки рельса.

Профиль рельса можно считать совершенным, если он удовлетворяет условию прочности при наименьшем весе, и рельс выбывает из строя при полном одновременном допускаемом износе всех его работающих частей. Поэтому при проектировании профиля рельса основное внимание уделяется изучению износа рельсов и расчету прочности при лучшем соотношении металла в отдельных его частях.



Фиг. 71. Износ рельсов Виньоль:

а — при вертикальном давлении, *б* — при вертикальном и горизонтальном давлениях.

Головка типа Виньоль в современных рельсах применяется с вертикальными или с наклонными боковыми гранями. Какая форма головки наиболее целесообразна, решить трудно — та и другая имеют свои положительные и отрицательные стороны. При вертикальных гранях сокращается лишний расход неработающего металла, но уменьшается плоскость сопряжения накладок с рельсом; профиль этот не вполне соответствует нормальному износу рельса. При действии только вертикальной нагрузки износ должен быть равномерным по высоте головки. На практике этого не бывает, так как даже на прямых участках пути наблюдаются горизонтальные давления. При совместном же действии вертикальной и горизонтальной нагрузок на рельс износ будет равномерным по высоте и наклонным по боковой грани (фиг. 71).

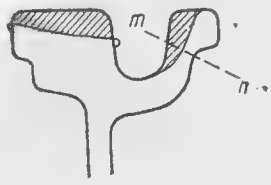
У нас нормальные типы железнодорожных рельсов Виньоль Iа, IIа, IIIа имеют вертикальные грани головок. За границей применяются головки с вертикальными и наклонными гранями; наклон делается от 1 : 14 до 1 : 16 и даже до 1 : 20.

Верхняя поверхность головки очерчивается по кривой у нас радиусом 300 мм, за границей от 200 до 400 мм и редко до 600 мм. При применении на трамвае цилиндрических бандажей,

казалось бы, выгоднее иметь головку горизонтальную или очерченную по наибольшему радиусу, для увеличения плоскости соприкасания бандажа с рельсом, но опыт показал, что по мере износа трамвайные бандажи принимают коническую форму, а головка по мере износа приобретает очертание по кривой радиуса 200—250 мм.

Радиус закругления верхних боков головки должен быть в соответствии и немного меньше радиуса закругления выкружки бандажа.

Для нормальных рельсов Виньоль Iа и IIа радиус $r_1 = 13$ мм для рельсов Виньоль IIIа радиус $r_1 = 12$ мм. В США радиус закругления верхних боков головки принимают меньше радиуса выкружки бандажей на 1,6—8 мм.



Фиг. 72. Первоначальная форма рельса Феникс.

Радиус закругления нижних боков головки должен быть наименьшим, так как этим увеличивается плоскость соприкасания накладки с рельсом. Эти радиусы принимают от 1,6 до 4 мм (в рельсах Виньоль Iа и IIа — 4 мм; в рельсах Виньоль III а — 3 мм).

Первоначально профиль головки рельсов Феникс для прямых и кривых участков пути был одинаковым, поэтому малому яблоку было придано утолщение, но износ показал, что это утолщение не достигает цели, так как губка отламывается по сечению *mn* (фис. 72). Уступчатая форма головки, сделанная с целью уменьшения веса, не рациональна, так как уменьшает площадь соприкасания головки рельса с накладкой.

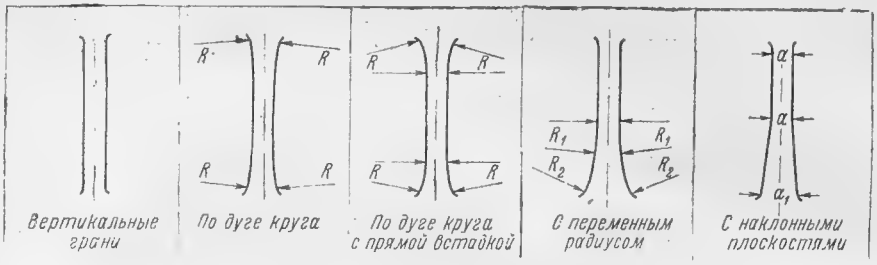
В современных рельсах Феникс недостатки первоначального профиля учтены. Однако, наблюдения за износом показывают,

Фиг. 73. Головка рельса Феникс.

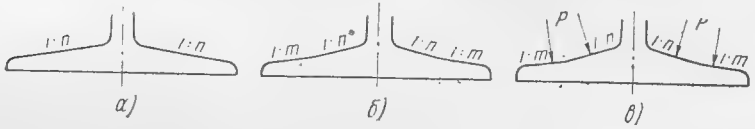
что и применяемые в настоящее время рельсы Феникс как для прямых, так и для кривых, также страдают большими недостатками.

Очертание верхней части головки принималось раньше по горизонтальной прямой, теперь же с середины головки поверхность делают цилиндрической с наклоном к жолобу. Радиус этой поверхности принят у нас равным 250—300 мм (в Англии, например, 238 мм).

Ширина и глубина жолоба в профилях рельсов Феникс для прямых и кривых обычно различна, так как условия работы рельсов в кривых и возможность вписывания ходовых частей под-



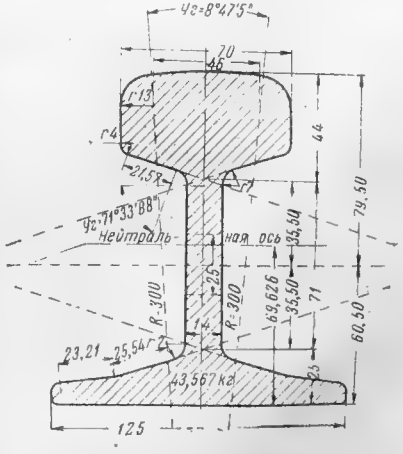
Фиг. 74. Форма шейки рельсов.



Фиг. 75. Форма подошвы рельсов:

а — с одним уклоном; *б* — с двумя различными уклонами; *в* — с двумя уклонами, сопряженными кривой.

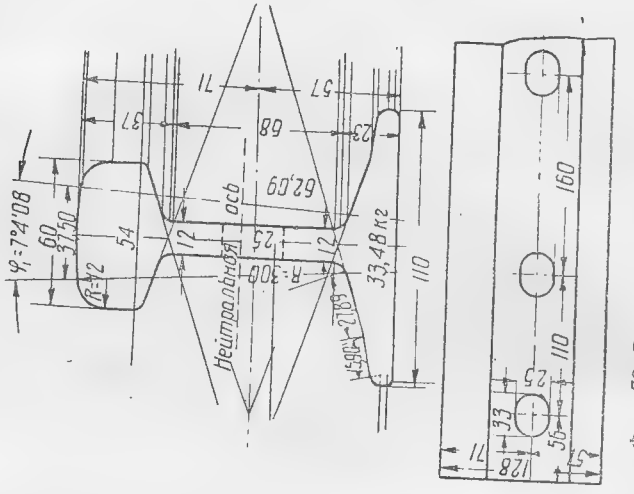
вижного состава в крутые кривые заставляют для кривых участков пути иметь более широкий жолоб, чем для прямых. Рельсы Феникс объединенного типа, высотой 180 мм, для кривых имеют жолоб шириной 37 мм вместо 32 мм в рельсах для прямых (фиг. 73). В новом же профиле Феникс, высотой 140 мм, сделан одинаковый жолоб, шириной 35 мм, с целью улучшения стыка рельсов прямых с кривыми. Также в профилях рельсов для кривых должна быть более мощная губка, рассчитанная на больший боковой износ, что дает возможность и более полного износа головки. Толщина губки для прямых колеблется от 14 до 18 мм; на кривых эта величина возрастает от 26 до 28 мм. Губка на прямых понижается на 2—4 мм от головки для того, чтобы после износа головки она не возвышалась значительно над ней; в профиле же для кривых губка возвышается над головкой на 5 мм, так как она служит контррельсом.



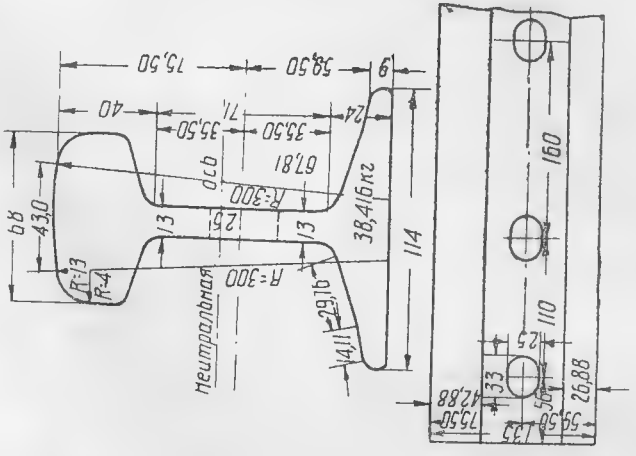
Фиг. 76. Рельс Виньоль Ia.

Отношение ширины жолоба к глубине колеблется у нас от 1 : 1 до 1 : 1,2, во Франции от 3 : 4 до 3,5 : 4. Чем больше глубина жолоба, тем полнее может быть использован материал головки и тем больше срок службы рельса.

Шейки рельсов делают с вертикальными гранями или ограничивают вогнутыми плоскостями. Наши рельсы объединенного типа,



Фиг. 78. Рельс Виньоль IIа.



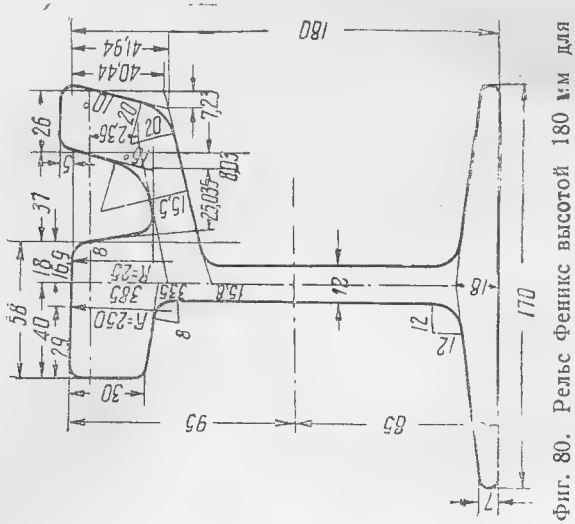
Фиг. 77. Рельс Виньоль IIа.

высотой 180 мм, имеют шейки с вертикальными гранями, а рельсы высотой 140 мм ограничены вогнутыми плоскостями радиуса 500 мм.

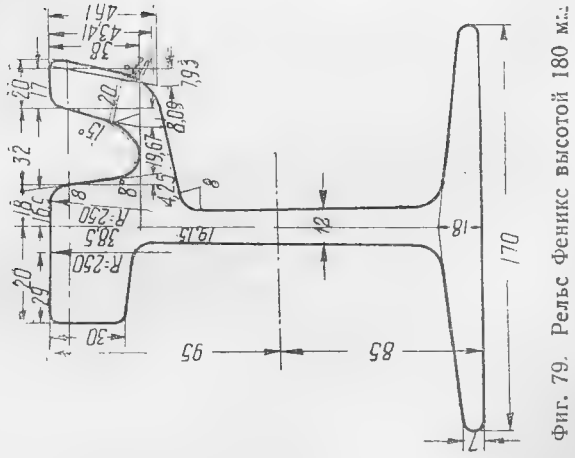
На железных дорогах излом рельсов происходит, главным образом, в местах сопряжения шейки с головкой или подошвой — в местах наибольших скалывающих и косых напряжений, так как

шейка работает и как балка, заделанная на опоре (подошве). В трамвайных путях, особенно при рельсах в мостовой, эти напряжения менее значительны и частого излома рельсов по этой причине не наблюдается.

Наиболее рациональная форма шейки рельса — имеющая утолщение у подошвы и головки. Это утолщение за границей



Фиг. 80. Рельс Феникс высотой 180 мм для кривых.



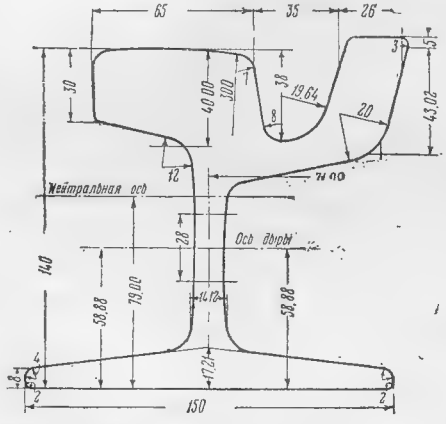
Фиг. 79. Рельс Феникс высотой 180 мм для прямых.

осуществляется различным способом — по дуге круга, с наклонными плоскостями, с переменными радиусами (фиг. 74, см. стр. 111).

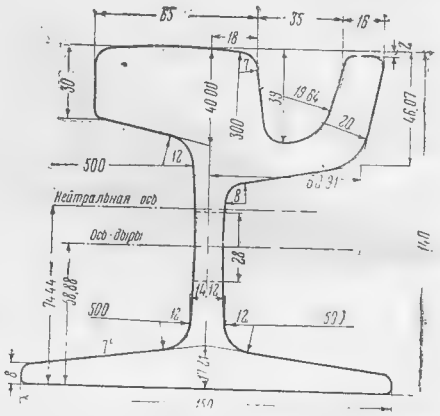
С целью улучшения передачи давления от головки через шейку к подошве рельса шейку нужно располагать симметрично относительно головки. Получается уменьшение плеча изгибаю-

щего момента и возникает возможность уменьшения высоты головки после наибольшего износа. В рельсах типа Виньоль такое расположение шейки и практикуется. В рельсах же Феникс, по условиям прокатки, шейку нужно размещать симметрично относительно всего сечения рельса. Это допускает также увеличение плоскости соприкасания накладки с рельсом, но ухудшает условия бокового износа головки, что особенно важно для рельсов, укладываемых на кривых участках пути.

Радиусы закругления шейки при сопряжении с головкой и подошвой должны быть наименьшими; их принимают от 4 до 8 мм.



Фиг. 81. Рельс Феникс высотой 140 мм для прямых.



Фиг. 82. Рельс Феникс высотой 140 мм для кривых.

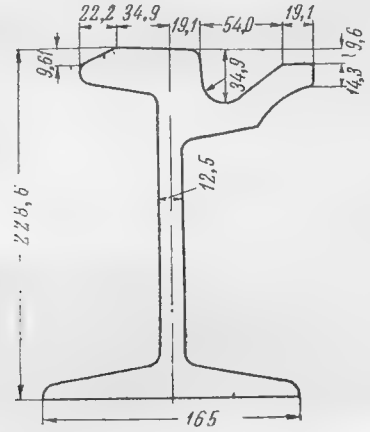
Форма верхней поверхности подошвы рельса, служащей опорной поверхностью накладки, бывает трех видов: имеющая один уклон, два различных уклона, или два уклона, сопряженных кривой (фиг. 75, см. стр. 111). Наиболее целесообразной можно считать форму с одним уклоном, так как она выравнивает массу материала подошвы и головки, а перелом, дающий резкое уменьшение толщины, создает разную крепость.

Наклон плоскостей соприкасания рельса с накладкой применяется от 1 : 3 до 1 : 6. С точки зрения работы стыков предпочтительны малые уклоны, но они невыгодны в смысле распределения металла и в облегчении забалчивания накладок.

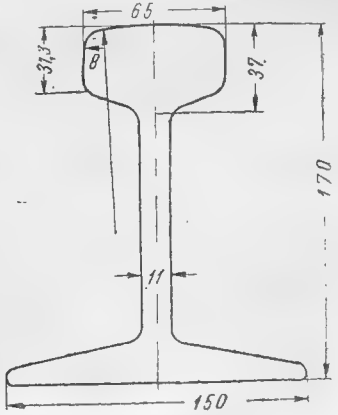
Подробные данные о профилях, применяемых в настоящее время на трамваях СССР рельсов, приведены на фиг. 76, 77, 78 — рельсы Виньоль Iа, IIа и IIIа и на фиг. 79, 80, 81, 82 — рельсы Феникс, высотой 180 и 140 мм.

Из типовых заграничных рельсов Феникс следует отметить не совсем обычный американский профиль рельса (фиг. 83). В этом профиле жолоб очень открытый и широкий, легко поддающийся очистке. Головка имеет уклон в сторону жолоба и прилив трапецоидальной формы, создающий возвышение рельса над мостовой на 10 мм.

Кроме рельсов Феникс на трамваях применяется иногда специальный трамвайный тип рельсов Виньоль, имеющий большую высоту и ширину подошвы, чем железнодорожные типы Виньоль. У нас применялся рельс Виньоль трамвайного типа высотой 170 мм с подошвой шириной 150 мм (фиг. 84). В США применяется рельс высотой 178 мм с подошвой шириной 152 мм, весом 49,7 кг/пог. м. Такой рельс, хотя и менее устойчив, чем железнодорожные рельсы, но удобен для устройства трамвайного пути в замощенных проездах. Форму головки можно сделать соответствующей требованиям трамвая и устроить необходимую



Фиг. 83. Американский профиль рельса Феникс.



Фиг. 84. Рельс Виньоль трамвайного типа.

постель под мостовую. При железнодорожных же рельсах, несмотря на тщательность устройства мостовой, она все равно получается волнистой из-за различной осадки основания (песчаного слоя) на шпалах и между шпал.

По сравнению с рельсами типа Феникс рельсы Виньоль трамвайного типа имеют ряд преимуществ:

а) легче прокатываются, и стоимость их значительно ниже: 1 кг рельса Виньоль стоит в 1,5 раза дешевле 1 кг рельса Феникс;

б) создают меньшее сопротивление при проходе подвижного состава, так как отсутствует жолоб, и, следовательно, получается меньший расход тока;

в) головка рельса симметрично расположена относительно шейки, нагрузка передается более правильно и износ головки можно допускать больший.

Но все эти преимущества парализуются отсутствием жолоба со всеми вредными последствиями (трудность сопряжения рельса с мостовой, необходимость применять контррельсы на кривых).

Таблица 17

Данные о выгодности сечения рельсов

Наименование типов рельсов	Вес рельса, кг/пог. м p	Площ. сечения, ω см²	Момент инерции J см⁴	Момент сопротивления W, относ. головки, см³	Ширина подошвы, B мм	Высота, h мм	Показатели $K_1 = \frac{J}{\omega}$	Показатели $K_2 = \frac{W}{\omega}$	Показатели $K_3 = \frac{W}{p}$	Показатели $K_4 = \frac{B}{h}$
Рельсы типа Феникс:										
для прямых, высотой 180 мм	55,17	70,47	3227,9	345,0	170	180	45,8	4,90	6,25	0,95
для кривых, высотой 180 мм	60,65	77,45	3542,7	355,7	170	180	45,8	4,58	5,85	0,95
для прямых, высотой 140 мм	51,56	66,10	1646,2	221,3	150	140	24,9	3,35	4,28	1,07
для кривых, высотой 140 мм	56,28	72,16	1808,6	228,9	150	140	25,0	3,18	4,07	1,07
Рельсы типа Виньоль:										
Ia	43,57	55,64	1476,1	209,7	125	140	26,5	3,78	4,82	0,89
IIa	38,42	49,06	1222,5	182,0	114	135	24,9	3,71	4,74	0,85
IIIa	33,48	42,76	958,0	146,9	110	128	22,6	3,44	4,39	0,86

§ 52. Выгодность сечения рельса

Выгодность сечения рельса определяется одним из следующих показателей:

а) отношение момента инерции к площади сечения

$$K_1 = \frac{J}{\omega};$$

б) отношение момента сопротивления к площади сечения

$$K_2 = \frac{W}{\omega};$$

в) отношение момента сопротивления к весу

$$K_3 = \frac{W}{p}.$$

Кроме того, на выгодность сечения рельса влияет степень сопротивляемости рельса горизонтальным усилиям, выражаемая коэфициентом устойчивости рельса, равным отношению ширины подошвы к высоте рельса

$$K_4 = \frac{B}{h}.$$

Чем больше величины этих показателей, тем сечение выгоднее. Данные о выгодности сечения для основных типов рельсов, применяемых на трамвае, приведены в табл. 17.

В типах заграничных рельсов значения этих коэфициентов колеблются и в основном выше коэфициентов, принятых у нас, за исключением части американских рельсов Феникс, для которых коэфициент устойчивости доходит до 0,6.

Большое значение имеет распределение металла в рельсах между головкой, шейкой и подошвой с точки зрения равномерного охлаждения после прокатки; желательно, чтобы количество металла в головке было незначительно больше, чем в подошве.

У нас для рельсов Виньоль это соотношение равно следующим величинам: в головке от 43 до 46%, в шейке 19—20% и в подошве 35—37%. Для рельсов Феникс эта разница значительно больше.

Для определения высоты рельса и ширины подошвы, за границей были предложены следующие эмпирические формулы:

Высота рельса $h = \sqrt{8{,}75P + m}$,

Ширина подошвы $B = 0{,}025P + n$,

где: P — нагрузка на колесо в кг,

m и n — коэфициенты, зависящие от интенсивности движения:

для слабого движения $m_1 = -3750$; $n_1 = 55$,

для среднего движения $m_2 = -625$; $n_2 = 67{,}5$,

для сильного движения $m_3 = +5000$; $n_3 = 80$.

Подставляя эти значения в формулы, при нагрузке на колесо $P = 5500$ кг имеем:

$h_1 = \sqrt{8{,}75 \times 5500 - 3750} = 210$ мм; $B_1 = 192$ мм; $K_1 = 0{,}92$;

$h_2 = \sqrt{8{,}75 \times 5500 - 625} = 220$ мм; $B_2 = 210$ мм; $K_2 = 0{,}9$

$h_3 = \sqrt{8{,}75 \times 5500 + 5000} = 230$ мм; $B_3 = 217$ мм; $K_3 = 0{,}95$.

Отсюда видно, что эти формулы дают несколько завышенный результат.

§ 53. Длина рельсов

Длину рельсов назначают из условия, чтобы рельс под действием температуры при его расширении (удлинении) не деформировал путь и был удобен для перевозки.

Удлинение рельса пропорционально его длине и равно:

$$\lambda = \alpha l (t_0 - t_1),$$

где: α — коэфициент линейного расширения рельсовой стали, равный 0,0000118,

$t_0 - t_1$ — разность температур.

Например, при длине рельса 15 м и разности температур 55°:

$\lambda = 0{,}0000118 \times 15000 \times 55 = 10$ мм.

Эта величина удлинения будет действовать лишь для свободно лежащего рельса. Фактическое удлинение будет значительно меньше ввиду закрепления рельса на шпале и засыпки землей или зажатия рельса в мостовой.

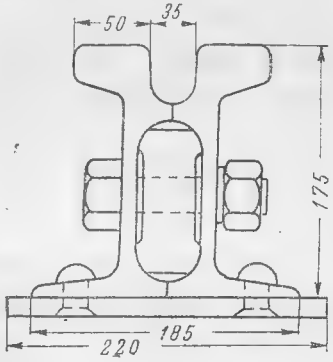
В настоящее время стандартная длина рельсов принята в 12,5 и 15 м. Для уменьшения количества стыков желательно ее увеличить до 25 м. За границей длина рельсов колеблется от 10 до 30 м.

На железных дорогах при открытом полотне пути температурные удлинения достигают значительных величин, поэтому рельсы укладывают с зазорами. На трамвае эти удлинения компенсируются большим количеством кривых малых радиусов и тем, что трамвайные пути находятся в мостовой.

§ 54. Особые типы рельсов

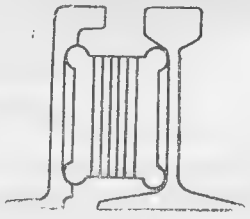
Кроме нормальных типов рельсов, принятых в большинстве трамваев, имеется ряд оригинальных типов рельсов.

Например, на фиг. 85 изображен тип рельсов Марсельского трамвая для кривых малого радиуса, а на фиг. 86 конструкция рельсов Брюссельского трамвая. Последняя конструкция интересна тем, что по мере износа контррельса ширину жолоба можно регулировать, вынимая пластинки между вкладышами.



Фиг. 85. Рельс Марсельского трамвая.

В США применяют составные рельсы, в которых верхняя



Фиг. 86. Рельс Брюссельского трамвая.

головка при помощи специальных машин надевается на широкоподошвенный профиль основного рельса с низкой плоской головкой и боковые ребра ее загибаются под головку основного рельса. Верхняя головка делается из стали повышенного качества, но достоинства этого профиля поглощаются сложностью установки и ремонта.

Основной недостаток составных рельсов заключается в том, что болтовые скрепления не гарантированы от развинчивания и ослабевания, чем нарушается целостность конструкции, а подвинчивание гаек сопряжено с перемощением мостовой и увеличивает эксплоатационные расходы.

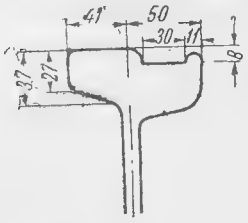
Раньше на трамваях применялся еще рельс с мелким жолобом (фиг. 87). Рельс такого профиля укладывали по наружной нитке кривых.

Экономичность этого профиля была теоретически обоснована тем, что выравнивалась длина пути, проходимая в отдельности внутренним и наружным колесом, что уничтожало трение — скольжение его вследствие удлинения пути по наружной нитке кривой, так как реборда шла по жолобу.

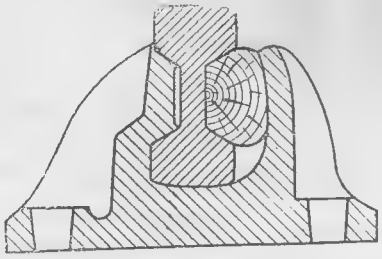
Но дополнительный износ реборд и самих рельсов и их значительный вес не подтвердили эти теоретические обоснования, и в настоящее время рельс с мелким жолобом не применяется.

Двухголовый рельс (фиг. 88), весьма распространенный на железных дорогах Западной Европы, был изобретен в 1838 г. инж. Локке в Англии.

Идеей изобретения такого профиля рельса было предположение большей утилизации рельса — после износа одной головки рельс



Фиг. 87. Рельс Феникс с мелким жолобом.



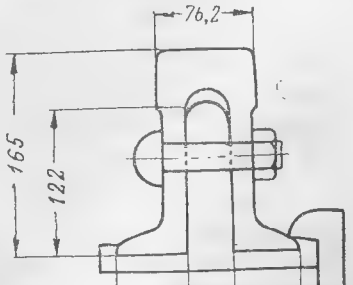
Фиг. 88. Двухголовый рельс.

переворачивали. На практике же нижняя головка, опирающаяся на чугунную подушку, также изнашивалась и даже не равномерно, а только в местах сопряжения с опорой, что не давало возможности использовать вторую головку рельса, как рабочую. Позднее стали применять деревянную подушку, но устойчивость получилась меньше.

В настоящее время этот профиль несколько изменен. Нижнюю головку делают меньше верхней, и рельс при износе не переворачивают. Таким образом, идея двухголового рельса оказалась утраченной.

У нас двухголовый рельс распространения не получил.

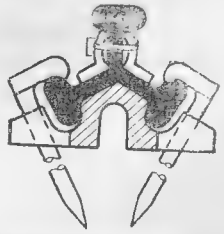
Рельсы с двумя шейками (фиг. 89), изобретенные в 1834 г., были распространены в США и Англии до девяностых годов прошлого столетия; в Англии в настоящее время вновь ставится вопрос о их применении. Эти рельсы при помощи специальной тавровой подкладки укладывают на шпальные поперечины. Подкладка на стыковых шпалах имеет высоту около 120 мм, а на промежуточных шпалах — около 50 мм. Сторонники этого типа рельсов указывают, что при наличии одной шейки значительно нарушается центральность передачи давления от колеса к рельсу, при двух же шейках передача давления лучше. У нас рельс с двумя шейками распространения не получил.



Фиг. 89. Рельс с двумя шейками.

Оригинальная конструкция трехголового рельса была предложена русским изобретателем Титовым в 1921 г. Рельс (фиг. 90) состоит из трех симметричных головок и шеек.

Рельс укрепляется на шпалах при помощи специальных чугунных подушек, причем давление передается через шейки, не изнашивая головок. Таким образом, при износе головок можно сделать два поворота и полностью использовать сечение трех головок.



Фиг. 90. Трехголовый рельс

Симметричное расположение головок дает одинаковую сопротивляемость всем силам, действующим в любом направлении (вертикальным, горизонтальным и под любым углом).

Срок службы таких рельсов в три раза больше срока службы нормальных рельсов, а стоимость лишь в два раза выше нормальных. Таким образом, этот профиль обладает экономической целесообразностью. Однако, практического осуществления трехголовый рельс пока не получил из-за высокой стоимости. Профиль этот не был прокатан. На трамваях он может найти применение лишь на обособленном полотне при значительных грузооборотах.

§ 55. Срок службы и допускаемый износ рельсов

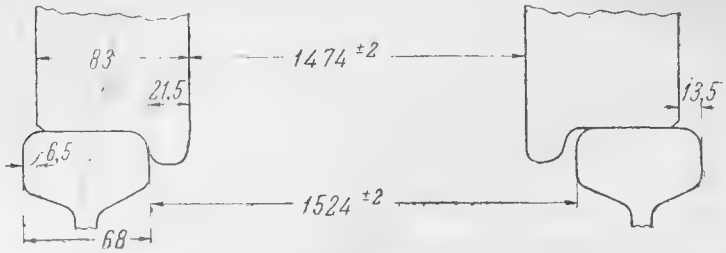
Рельсы, воспринимая нагрузку от подвижного состава трамвая, испытывают: а) постепенный равномерный износ как результат действия сил трения между бандажом и рельсом; б) ударную (динамическую) нагрузку, вызываемую конструктивными особенностями пути (например, наличием стыков) и неисправностями пути и подвижного состава (например, «лыски» на бандажах вагонов, неисправность шестерен, перекосы пути).

Рельсы приходится сменять, главным образом, по двум причинам: 1) в результате предельного износа рабочей части рельса, при котором уже отсутствует гарантия безопасности движения подвижного состава, и 2) при внезапном изломе, нарушающем непрерывность рельсовой нитки.

Излом рельса служит причиной смены его, мало зависящей от продолжительности и нормальной работы и заставляющей заменять рельсы, часто имеющие полноценное поперечное сечение и обладающие в других местах безусловной надежностью нормальной работы. Такой излом рельса происходит, главным образом, из-за недоброкачественности материала. Разного рода примеси, пузыристость, скрытые волосные трещины и раковины вызывают расслоение металла, выколы головки рельса и полный излом. Поэтому недостатки, вызывающие выход единичных рельсов, нельзя принимать в расчет нормального срока службы рельсов. Эти случаи излома относятся к текущему содержанию пути и будут рассмотрены ниже, так же как и вопрос о волнообразном износе рельсов.

Таким образом, сроком службы рельсов нужно считать такой срок их работы, при котором рельс в результате постепенного износа получает предельные очертания в поперечном сечении, требующие его замены.

Характерной особенностью износа рельсов в трамвайных путях служит образование уклона на поверхности головки в сторону оси пути, а также значительный боковой износ головки рельсов на кривых участках пути.



Фиг. 91. Расположение бандажей трамвайного вагона на рельсах.

Особенно быстро образуется уклон на головке рельса, когда он уложен вертикально, а не на клинчатых подкладках.

Износ головок рельсов во всех случаях начинается с рабочего канта, постепенно увеличиваясь по ширине головки рельса. Ширина полосы качения на рельсах, уложенных без подуклонки, иногда бывает вначале меньше 1 см (при ширине головки рельса около 6 см), а при рельсах, уложенных с подуклонкой (на клинчатых подкладках) значительно больше.

Износ головок рельсов с уклоном к оси пути объясняется двумя причинами: первая причина состоит в том, что бандажи обращающихся на линии трамвайных вагонов имеют коническую форму несмотря на то, что новые бандажи выпускаются цилиндрической формы. Износ бандажей на конус происходит уже в первые дни их работы на линии, поэтому около 90% вагонов имеют конические бандажи. Вторая причина — это то, что бандажи трамвайных вагонов не перекрывают своей шириной всю головку рельса (фиг. 91). При ширине трамвайного бандажа 83 мм, ширине насадки 1474 ± 2 мм и толщине реборды на расстоянии 10 мм от поверхности качения рельса — 21,5 мм, при применении рельсов Виньоль IIа и при центральном по отношению к оси пути расположении полуската — внешняя грань бандажа не доходит до внешней грани рельса на 10 мм и получится зазор между внутренней гранью рельса и ребордой бандажа (игра) с каждой стороны в 3,5 мм. Если же одно колесо полуската прижато к рельсу, то внешняя грань бандажа прижатого колеса не доходит до внешней грани головки рельса на 6,5 мм, а внешняя грань другой реборды не доходит до внешней грани рельса на 13,5 мм. При применении

рельсов Феникс высотой 180 мм, имеющих головку шириной 58 мм, все же бандаж не будет доходить до внешней грани рельса на 3,5 мм. По мере износа бандажей этот разрыв увеличивается, и головка рельса будет покрываться бандажом еще меньше.

Износ рельсов в трамвайных путях происходит быстрее, чем в железнодорожных, так как в замощенных путях, расположенных на уличных проездах, рельсы всегда покрыты пылью и больше подвергаются истиранию. Кроме того, в трамвае имеется больший процент ведущих осей вагонов, чаще остановочные пункты и вообще чаще случаи торможения, а кроме того, круче кривые и их больше, чем на железных дорогах.

Величина износа рельсов в трамвайных путях зависит: 1) от качества материала, из которого изготовлены рельсы, способа их изготовления, формы поперечного сечения рельса, конструкции пути, плана и профиля пути, содержания его в исправности и своевременности ремонта его, от качества очистки пути и других причин путевого хозяйства; 2) от величины грузооборота, — количества пропущенного груза на единицу длины пути (в тоннах) и скорости движения трамвайных поездов, т. е. от интенсивности движения и 3) от конструкции подвижного состава — от величины нагрузки, падающей на каждое колесо, веса неподрессоренной части вагона, исправности вагонов, диаметра колес. Поэтому теоретически найти величину износа рельсов очень трудно и срок службы рельса определяют предельным износом, полученным для данных условий работы рельса опытным путем. Для этой цели периодически измеряют величины износа рельсов и относят эти величины к весу пропущенных по пути грузов. В результате получается норма износа для определенных условий в кв. миллиметрах износа головки на 1 млн. тонн пропущенного груза.

Для определения величины износа рельса необходимо снять профиль поперечного сечения головки изношенного рельса, наложить его на профиль головки нового рельса и подсчитать величину площади износа.

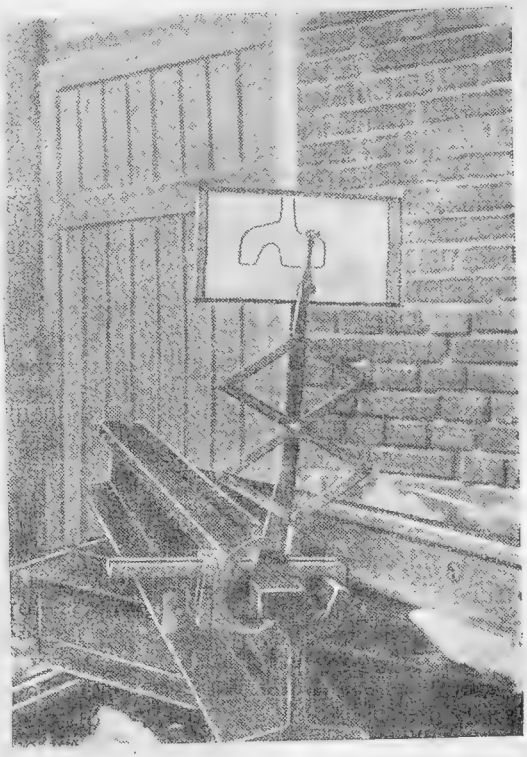
Раньше за единицу износа принимали высоту износа головки по оси рельса, но так как износ не бывает равномерным, то этот показатель недостаточно ясно определяет величину износа.

Для снятия профилей рельсов существует ряд различных профиломеров и профилографов. Наибольшее распространение получил профилограф системы Гаармана (фиг. 92). Этот профилограф дает графическое изображение профиля рельса в натуральную величину.

Стойку с прикрепленным к ней пантографом и скобой устанавливают на рельс так, чтобы скоба своим крюком захватила рельс под головку. После этого оба подвижных упора, находящихся на свободном конце струбцинки, пододвигают к головке рельса и завинчивают винт на наружном подвижном упоре.

Установив профилограф на рельс, отводят концы пантографа в сторону и вставляют в концы его карандаш и водитель. Карандаш должен быть остро отточен и вставлен плотно, чтобы он не испытывал колебаний. Водитель также должен быть прочно закреплен зажимным винтом во втулке и, кроме того, должен находиться в плоскости пантографа.

Рамка планшета должна быть неподвижно закреплена в вилке вертикальной стойки с таким расчетом, чтобы при обводке поперечного профиля рельса контур его целиком поместился на бумаге, наложенной на планшет.



Фиг. 92. Профилограф системы Гаармана.

После установки и сборки профилографа приступают к обводке поперечного профиля рельса. Удобнее начинать обводку с шейки рельса. Для этого во втулку вставляют большой серповидный водитель, который своим концом подводится под головку рельса и острием прижимается к шейке рельса. С этого момента начинается обводка поперечного профиля. Все время плотно прижимая острие большого серповидного водителя к рельсу, поднимают водитель наверх к головке и им же обводят нижнюю наклонную грань головки рельса до начала закругления вертикальной грани головки. В этом месте обводку прекращают и меняют большой серповидный водитель на малый серповидный водитель, которым обводят вертикальную грань головки рельса до конца верхней его выкружки.

В этом месте водитель опять меняют, но в этот раз на прямой водитель, которым обводят верхнюю поверхность головки рельса до начала следующего закругления. Здесь в случае, если обводится рельс типа Виньоль, опять вместо прямого водителя надевают малый серповидный водитель, которым обводят боковую поверхность головки рельса и потом большим серповидным водителем обводят нижнюю наклонную грань головки рельса и шейку его.

Если обводят контур рельса типа Феникс, то после прямого водителя также вставляют малый серповидный водитель, которым обводится наклонная поверхность большого яблока головки рельса до середины жолоба губки рельса. В этом месте малый серповидный водитель не вынимают из втулки, а лишь, несколько освобождая зажимный винт, переворачивают на 180° и им же обводят наклонную поверхность губки рельса до верхней горизонтальной поверхности губки, которую обводят прямым водителем. Боковую наклонную поверхность губки обводят малым серповидным водителем и, наконец, нижнюю наклонную поверхность губки рельса — большим серповидным водителем, которым обводят также и шейку рельса ниже губки. Этим заканчивается обводка профиля, — на бумаге должно получиться вычерченное сплошной линией обратное изображение поперечного профиля рельса в месте производства съемки.

Ту же самую операцию можно произвести и без столь частой смены водителей, а именно, окончив большим серповидным водителем обводку шейки и боковой грани головки рельса, нужно перекинуть водитель на другую сторону рельса (не обводя средней части рельса) и обвести тем же водителем, например в рельсе типа Феникс, нижнюю наклонную грань губки рельса и шейку ниже губки. Потом сменить большой серповидный водитель на малый серповидный водитель и обвести им, лишь перевертывая его во втулке, жолоб и боковые грани рельса. Наконец, прямым водителем обвести верхние поверхности головки рельса. Таким образом, получаются лишь три смены водителей. Однако, в этом случае необходимо следить за тем, чтобы не было разрывов или смещений в линии контура профиля рельса, начерченного на бумаге.

Во время съемки профилей полезно иметь при себе вычерченный на восковке рельс того типа, с которого производится съемка поперечного профиля. После съемки каждого профиля, не снимая прибора с рельса, восковку эту можно наложить на вычерченный профиль и приближенно проверить, не произошло ли грубых ошибок при съемке (смещений, увеличений профиля или уменьшения его). При обнаружении таких ошибок профиль рельса должен быть заснят вторично.

Чтобы не произошло перепутывания отдельных профилей рельсов на разных участках или рельсовых нитках пути, на бумаге, на которой вычерчен профиль, необходимо тотчас же сделать надписи с указанием: номеров участка рельса, наружной или внутренней нитки, середины или конца его.

Непременные условия получения правильных результатов при съемке поперечных профилей рельсов следующие:

а) отсутствие люфтов (зазоров) и колебаний в шарнирных соединениях прибора;

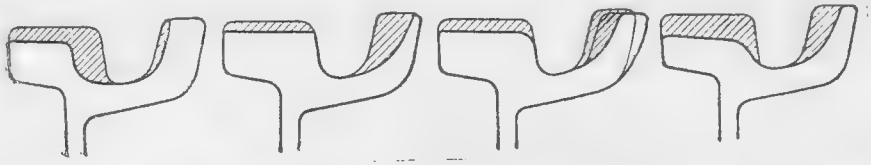
б) нахождение конца водителя, которым обводят поперечный профиль рельса, и конца графита, которым чертится на планшете профиль рельса, при любом раздвижении пантографа на равном расстоянии от центра пантографа;

в) прочное закрепление и отсутствие колебаний карандаша в обойме и водителя во втулке;

г) отсутствие смещений планшета с бумагой и струбцинки, обхватывающей рельс во время съемки профиля.

При выполнении этих условий изображение рельса, получаемое на бумаге, будет в точности соответствовать поперечному профилю рельса в месте съемки профиля.

Характерные профили износа рельсов трамвайного пути на кривой показаны на фиг. 93. На прямых участках рельсы, в основном, имеют вертикальный износ головки и в значительно меньшей степени горизонтальный износ и то, как следствие неисправности



Фиг. 93. Износ рельсов Феникс на кривой.

пути. На кривых участках пути одновременно с вертикальным износом головки происходит горизонтальный износ головки и губки рельса.

Интенсивность износа — площадь износа в кв. миллиметрах на 1 млн. тонн пропущенной нагрузки — при прочих равных условиях зависит от трассы и профиля пути. На прямом горизонтальном участке интенсивность износа наименьшая, на кривых, с уменьшением радиуса кривой, она увеличивается. На подъемах она больше, чем на горизонтальном участке, на спусках еще больше.

При применении углеродистой стали интенсивность износа рельсов, уложенных на городских проездах, может быть, ориентировочно, определена следующими нормами на 1 млн. тонн пропущенной нагрузки:

на прямых участках			. . . .	10 мм²
на кривых	радиуса	200 м	. . . .	14 „
„	„	100 „	. . . .	16 „
„	„	50 „	. . . .	20 „
„	„	30 „	. . . .	30 „
„	„	25 „	. . . .	35 „

На железных дорогах интенсивность значительно меньше. По данным НИИЖТ, на железных дорогах СССР средний износ определяется около 7 мм² на 1 млн., в США около 4 мм².

Предельный возможный износ головки рельса определяется из условий прочности максимально изношенного рельса. Это относится, главным образом, к рельсам типа Виньоль. Рельсы Феникс имеют значительный запас прочности, поэтому предельным износом для них считается такой износ головки рельса, когда реборда вагона будет касаться дна жолоба. Для рельсов Феникс это будет соответствовать износу по высоте головки в 20 мм и составит полезную площадь износа в 800 мм².

Срок службы рельсов в годах для каждого участка трамвайной сети, или средний для всей сети, может быть определен по следующей формуле:

$$A = \frac{\omega}{\alpha B},$$

где: B — грузонапряженность — количество миллионов тонн нагрузки, пропускаемой в среднем в год,

α — средняя интенсивность износа в кв. миллиметрах на 1 млн. тонн пропущенной нагрузки,

ω — полезная площадь головки рельса (допускаемый износ головки) в кв. миллиметрах.

Пример: $B = 8$ млн. т; $\alpha = 10$ мм²/млн. т; $\omega = 800$ мм²:

$$A = \frac{\omega}{\alpha B} = \frac{800}{10 \cdot 8} = 10 \text{ лет}.$$

Таким образом, можно подойти к определению норм сроков службы рельсов. Эти сроки будут резко колебаться в зависимости от различных местных условий. Практически каждое трамвайное предприятие имеет свои нормы сроков службы рельсов и этими нормами пользуется для установления амортизационных отчислений и планирования капитального ремонта путей.

§ 56. Соединение рельсов

Рельсовый путь состоит из двух рельсовых ниток, которые должны находиться в неизменяемом положении в продольном и поперечном направлении. В продольном направлении неизменяемость рельсовых ниток, состоящих из отдельных рельсов, осуществляется соединением рельсов по длине — устройством рельсовых стыков: механических, сварных или смешанных. Поперечное взаимное расположение рельсовых ниток, определяющее ширину колеи трамвайного пути, осуществляется при помощи поперечных тяг или пришивкой рельсов к шпалам костылями или шурупами с применением подкладок. Пришивка рельсов к шпалам служит также и соединением рельсов с основанием.

На стыки рельсов, как на наиболее опасное место в трамвайных путях, всегда обращалось особое внимание. Было предложено много конструкций и типов стыковых соединений.

Специальные условия работы рельсов в трамвайных путях, невозможность в городских условиях постоянного осмотра и затруднительность и дороговизна ремонта получили отражение на типах стыков, заимствованных из опыта эксплоатации железных дорог.

На трамвайных путях пришлось применять более совершенные конструкции стыковых соединений, гарантирующие более продолжительную их работу без периодического ремонта. Кроме того, возможность укладки длинных плетей рельсов без зазоров облегчила применение сварки стыков, создающей сплошную рельсовую нитку. Поэтому конструкции применяющихся на трамваях стыков

можно разбить на: 1) сплошные сварные; 2) механические; 3) смешанного типа с приваркой накладок; 4) особые разновидности.

§ 57. Термитная сварка стыков

Вопрос о сварке стыков возник давно и впервые этот способ был применен в США в 1894 г. под названием стыка Фалька. Способ этот заключался в том, что соединяемые рельсы в особых формах обливали расплавленным чугуном, который, сжимаясь при охлаждении, плотно зажимал соединяемые рельсы. Собственно сварки не получалось — стык держался лишь трением поверхности рельса о зажимающую его чугунную отливку. На практике этот стык себя не оправдал. При понижении температуры стык расходился и образовывались зазоры в несколько сантиметров. Не получив большого практического применения, этот способ соединения рельсов дал толчок к применению сварки или сплавлению рельсов.

Необходимая для сварки температура получается нагреванием стыка кислородно-ацетиленовыми приборами, электрическим током, посредством вольтовой дуги и горением термитной смеси.

Газовой сваркой различными способами в 1913 г. в Ленинграде (Петербурге) было сварено около 650 стыков. Число изломов стыков оказалось весьма значительно и от этого способа отказались (за границей получались такие же результаты).

Электрическая сварка сопротивлением обращает электрическую энергию в теплоту вследствие внутреннего сопротивления свариваемых металлических частей и сопротивления переходного сечения в точках соприкасания обеих поверхностей. С металлургической точки зрения такая сварка должна давать безукоризненные результаты, так как во время сварки свариваемые части не входят в соприкасание, а следовательно, и во взаимодействие с какими-либо посторонними телами. В США электрическая сварка весьма распространена. Например, в Чикаго, начиная с 1907 г., было сварено около 200 тысяч стыков и за 10 лет лопнуло меньше 1% стыков. В настоящее время этот способ соединения рельсов получает большое распространение и у нас на железных дорогах, в Московском метрополитене, а в ближайшее время, очевидно, будет применен и на трамвае.

Наиболее прочно привившаяся и наиболее целесообразная и дешевая сварка — это термитная, весьма распространенная у нас и за границей. У нас впервые она была применена в Ленинграде (Петербурге) в 1912 г. и несколько позже в Москве. В массовом масштабе ее начали применять лишь с 1923—1924 гг.

Термитная сварка основана на свойстве алюминия в порошке и окиси железа Fe_2O_3, тщательно предварительно перемешанных и подогретых до $t \cong 1300°$, вступать в весьма энергичное химическое соединение. Алюминий отнимает у железа кислород, в результате чего получается окись алюминия Al_2O_3 и чистое железо. Реакция подчиняется формуле:

$$Fe_2O_3 + Al_2 = Al_2O_3 + Fe_2.$$

При этом выделяется большое количество теплоты: температура поверхностей соединяемого металла достигает 3000—3300°. Само железо и шлак (окись алюминия) находятся в жидкорасплавленном состоянии.

Сущность термитной реакции заключается в том, что количество теплоты, требуемое для разрушения данного химического соединения, равно тому количеству теплоты, которое было получено при образовании этого соединения. Соединение алюминия с кислородом наиболее ярко подтверждает этот закон.

Производство алюминия в основном заключается в восстановлении алюминия из его окиси (глина $Al_2O_32SiO_22H_2O$). Термитная же реакция есть процесс окисления алюминия. То громадное количество электрической энергии, которое затрачивается при производстве алюминия из глинозема, отдается обратно, в виде теплоты, в процессе термитной реакции.

Сродство алюминия с кислородом наиболее велико по сравнению с другими металлами. Это можно видеть из следующих цифр количества теплоты (в калориях), необходимой для восстановления 1 кг металлов из их окиси:

Требуется для	свинца	Pb	— 243	кал.
	железа	Fe	— 1768	»
	меди	Cu	— 593	»
	ртути	Hg	— 153	»
	алюминия	Al	— 7140	»

Впервые термитная сварка предложена Гольдшмидтом в 1897—1898 гг. До этого с термитом опыты оканчивались неудачно, так как зажигание термита производилось подогреванием тигля (извне). В реакцию вступало одновременно все взятое количество термита и получались сильные взрывы, часто с несчастными случаями.

В способе Гольдшмидта термитную смесь зажигают при помощи специального запала. Этот способ характеризуется тем, что восстанавливающий металл действует на металлическое соединение так, что смесь, подожженная в одном месте, продолжает гореть сама. В результате получается полное окисление алюминия и в тигле образуется жидкий шлак и восстанавливаемый металл в чистом виде.

По данным Гольдшмидта при термитной реакции развивается следующее количество энергии.

Если положить в тигель 10 кг термита, то 1 кг его сгорает, примерно, в 1,5 сек. и, следовательно, в одну секунду развивается около 300 кал. Принимая механический эквивалент одной калории в 425 кгм, получим механическую работу термитной реакции $425 \times 300 = 127\,500$ кгм или 1700 л.с.-сек., или 1250 квт-сек. Это соответствует энергии, развиваемой вольтовой дугой, при силе тока в 30 тыс. ампер и напряжении в 40 вольт.

Если взять не 10, а 100 кг термита, то они сгорают гораздо скорее и число калорий, развиваемых при этом в 1 сек., увеличивается больше чем в 10 раз.

Таким образом, термитная смесь дает концентрацию тепла больше, чем электрическая печь, разогреваемая вольтовой дугой.

Термит обладает еще одной особенностью.

В противоположность углю термит берет кислород не из воздуха, а из твердой окиси (в данном случае железа) и продукт горения дает не в виде газа, а в виде жидкой расплавленной окиси алюминия (шлак). Отсутствие отходящих газов, а также и то, что реакция происходит в закрытом тигле дает в результате очень высокий коэфициент полезного действия сгорания алюминия.

Практически вместо окиси железа для изготовления термита применяют окалину, получаемую на заводах от прокатки или проковки железа. Окалины с содержанием серы, меди, кремния нужно избегать.

Реакция идет по формуле:

$$3Fe_3O_4 + 8Al = 4Al_2O_3 + 9Fe.$$

Берут около 79% окалины и около 21% алюминия. К этой смеси добавляют около 7% железных обсечек (брак гвоздильных заводов) для увеличения железного наплыва сварного стыка. Кроме того, с целью полной нейтрализации окиси железа, для гарантирования полного поглощения кислорода, а также для улучшения качества расплавленного металла, добавляют: ферросилиция и ферромарганца. Добавление марганца (в виде ферромарганца) увеличивает сопротивляемость износу и твердость, а кремний увеличивает плотность отливки и способствует выделению излишков кислорода.

Алюминий для изготовления термита берут в чушках, которые расплавляют. При вытекании жидкого алюминия на него направляют сильную струю воздуха и воды, распыляющую алюминий в мелкие брызги, которые застывают в виде зерен крупностью от 0,1 до 1,5 мм. Содержание чистого алюминия в чушках в I сорте 98—99%, во II сорте 94—98%.

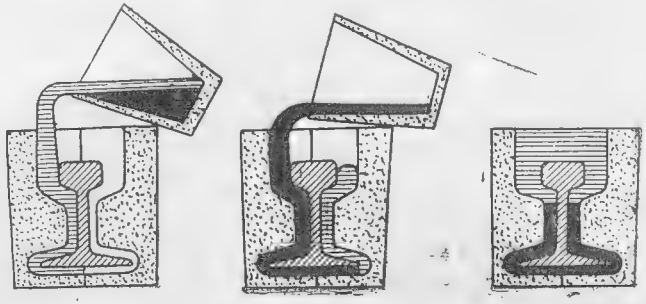
Высокая температура термитной реакции заставляет применять чрезвычайно огнеупорные тигли. До недавнего времени применяли тигли, имеющие вид воронки и состоящие из железного кожуха, покрытого внутри футеровкой из магнезита и огнеупорной глины. В последнее время начали применять тигли, представляющие массивную железную воронку, покрытую лишь в нижней части тонким слоем магнезита и растворимого стекла. Благодаря значительной массе железа, а также тому, что при горении термита на стенках образуется корка из шлака, — железный тигель не расплавляется, чего раньше опасались, а лишь сильно нагревается.

Существуют следующие способы термитной сварки:

1. Сварка впритык — кузнечный способ (фиг. 94) — заключающаяся в том, что стык рельсов, предварительно профрезерованный, подогретый, сваривают в специальной форме. Термитную массу выливают из тигля через верх, таким образом, сначала течет шлак, покрывающий рельс коркой, не дающей ему плавиться, а затем железо. Теплота термитной массы доводит

рельсы до температуры белого каления. При помощи нажатия винтов аппарата рельсы стягивают и сваривают впритык.

2. Сварка комбинированным способом (фиг. 95) состоит из плавки нижней части профиля рельсов и сварки впритык верхней части. При этом способе фрезеруют только головку и часть шейки, в стык закладывают пластинку, стык подогревают.

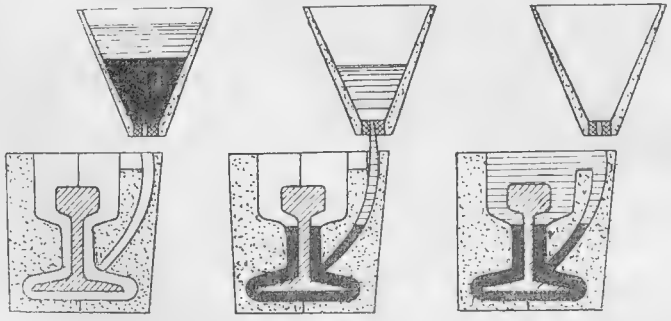


Фиг. 94. Термитная сварка впритык.

Термитная масса поступает в форму с низа тигля, сначала идет железо, заполняющее нижнюю часть формы, а затем шлак, заполняющий верхнюю часть (головку).

Роль пластинки, закладываемой в стык, заключается в следующем.

Сталь рельса, как известно, состоит из зерен феррита и перлита. Феррит — чистое железо. Перлит — его карбидовое соединение. Способностью свариваться в пластичном состоянии обладает только феррит, так как чем богаче сталь углеродом, тем труднее она сваривается. Когда поверхность торцов плохо отшлифована, соединение зерен феррита в свариваемом шве затруднено и требуется большой нажим. Если же давление недостаточно, то в шве образуются пустоты, превращающиеся со временем

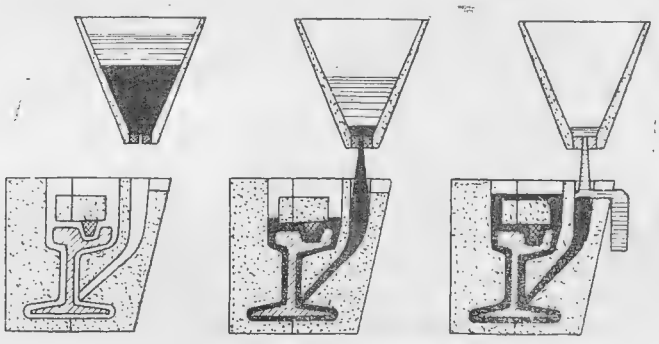


Фиг. 95. Сварка комбинированным способом.

в трещины. Поэтому вводят пластинку толщиной 3 мм из мягкого железа, производящую обезуглероживание рельсовой стали и улучшающую качество сварки.

3. Сварка способом промежуточного литья расплавления (фиг. 98) заключается в том, что весь стык заливают расплавленным металлом термита, и отпадает необходимость в обработке торцов рельса фрезером. Металл термита, расплавив своей теплотой оба торца свариваемых рельсов, сам остается в зазоре между торцами и образует нераздельное целое со сплавленными рельсами.

Этот способ особенно удобен для сварки рельсов в путях тем, что путь не нарушается в отношении рихтовки и основания.



Фиг. 96. Сварка способом промежуточного литья.

Рассмотренные три способа термитной сварки могут быть оценены в техническом и экономическом отношении следующим образом.

Сварка впритык требует фрезеровки всей поверхности торцов рельсов и несколько большего количества термита, чем комбинированный способ, а следовательно и дороже. Однако, сварка впритык обладает большим достоинством — благодаря образованию шлаковой пленки сварка происходит без доступа к рельсам воздуха и термита, поэтому сталь не изменяет своего химического состава. Кроме того, ввиду отсутствия боковых наплывов имеется возможность обжатия стыка накладками. Качество сварки в большой степени зависит от тщательности выполнения работ.

Сварка путем расплавления отличается тем, что отпадает необходимость в фрезеровке торцов рельсов. Недостаток этого способа заключается в том, что прозор между рельсами заливается металлом термита, химический состав которого не совпадает с составом рельсовой стали, в результате чего на рельсах часто получаются выбоины. Кроме того, требуется дополнительное обстругивание сварочного наплыва на поверхности качения рельса.

Комбинированный способ сварки получил наибольшее распространение. По качеству сваренных стыков он оказывается наиболее надежным, а с экономической стороны — наиболее выгодным.

Запал, применяемый для зажигания термитной смеси, может быть следующих составов:

I		II	
перекись марганца	— 68%,	перекись бария	— 80%,
алюминиевая пудра	— 15%,	алюминиевая пудра	— 18%,
магний в порошке	— 17%;	магний в порошке	— 2%.

Прочность стыка, полученного термитной сваркой, по сравнению с нормальным сечением рельса имеет незначительные отклонения и вполне достаточна. Основная задача заключается в улучшении качества свариваемых стыков. Причины имеющегося в настоящее время большого количества разрыва сваренных стыков кроются, главным образом, в неумелом или недостаточно тщательном производстве работ.

Основные причины разрыва стыков, сваренных термитом, следующие:

1) значительная разница температур металла свариваемых рельсов и массы термита, вызывающая образование пустот в местах свариваемых торцов рельсов, которые не успевают заполниться быстро оседающей сталью термита;

2) наличие в рельсе у стыков отверстий для болтов;

3) недостаточно тщательная очистка концов свариваемых рельсов;

4) несвоевременное выпускание термита на стык.

§ 58. Электрическая сварка стыков

Имеются два основных вида электрической сварки стыков способом сопротивления: встык и оплавлением.

При сварке способом сопротивления для получения необходимой температуры используется теплота, развиваемая электрическим током при прохождении его между концами двух рельсов через промежуточную зону.

При сварке встык плотно соприкасающиеся рельсы доводят до свариваемой температуры и при стягивании их (с одновременным выключением тока) происходит сварка.

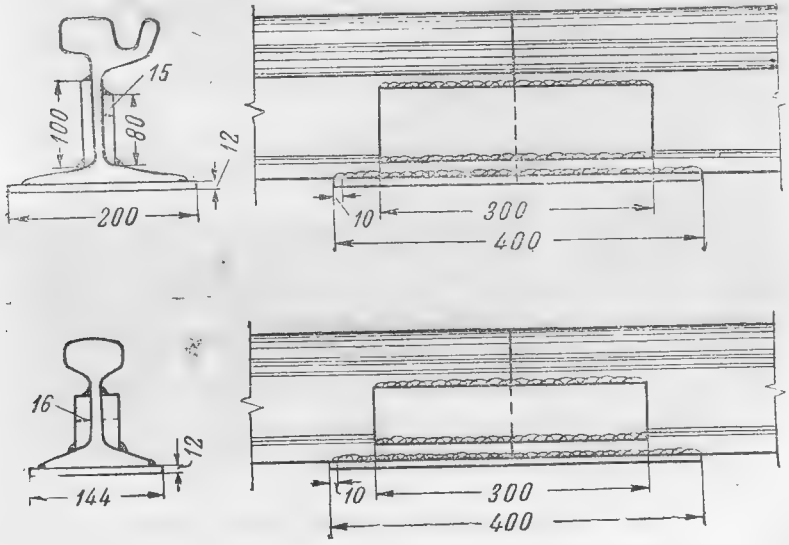
При способе оплавления между рельсами остается некоторый промежуток, и образовавшейся вольтовой дугой металл расплавляется у свариваемых концов рельсов. Этот способ сварки очень хорош, но для работы на линии требует передвижных электросварочных агрегатов большой мощности (250 квт).

На железных дорогах в большом масштабе применялась электросварка стыков по способу Аркос. Способ этот заключается в том, что предварительно в головке рельса делают скос с таким расчетом, чтобы скошенные рельсы образовали угол 70°. Образовавшееся пространство наваривают сначала мягким электродом, а верхний слой (3 мм) электродами, соответствующими твердости

рельса. Снизу стыка приваривают пластинку толщиной 11—14 мм, выступающую с каждой стороны подошвы на 15 мм. Пластинки прикрепляются к подошве рельса боковой приваркой. На самом стыке, на длине 20 мм, пластинку не приваривают, чтобы сделать соединение более эластичным.

Сварку по способу Аркос можно вести электросварочными агрегатами и газовой сваркой. На трамвайных путях этот способ применялся, главным образом, в виде опыта. По сравнению с термитной сваркой качество его значительно ниже и он распространения не получил.

Применявшийся на Московском трамвае тип электросварного стыка (фиг. 97) представляет собой некоторое видоизменение



Фиг. 97. Электросварный стык Московского трамвая.

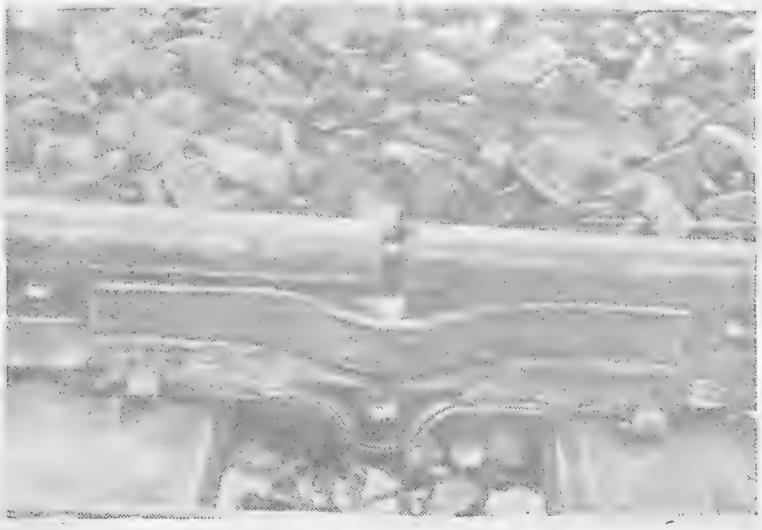
электросварки по способу Аркос. Головку рельса не сваривают, как в способе Аркос, а к шейке рельса приваривают плоские накладки длиной 300 мм.

В способе Аркос введение в головку рельса сварочного металла изменяет структуру металла головки в месте стыка, в результате чего на стыках или за ними получаются выбоины, которые вредно отражаются на пути и подвижном составе. В типе же стыка Московского трамвая головка рельса не затрагивается сваркой и при правильной установке стыка быстро закатывается так, что сверху трудно бывает найти место стыка.

Как уже указывалось, сварные стыки на трамвайных путях применяются в значительно большем количестве, чем на железных дорогах. Роль сборных стыков ограничивается почти исключительно температурными стыками. В настоящее время расстояние между температурными стыками для трамвайных путей, располо-

женных в одном уровне с проезжей частью улиц, обычно принимается в 225 м. Следовательно, при длине рельса в 12,5 м на каждые 17 сварных стыков приходится один сборный стык, который должен компенсировать в определенных пределах получающееся удлинение рельсовой нитки. Сборные стыки нормальной конструкции лишь в незначительной степени отвечают этому требованию, поэтому техническая мысль стремилась дать специальную конструкцию электросварного температурного стыка.

В 1938 г. на Московском трамвае в виде опыта на обособленном полотне при рельсах Виньоль и в закрытых путях при рельсах



Фиг. 98. Электросварной температурный стык.

Феникс был устроен оригинальный электросварной температурный стык. Конструкция этого стыка заключается в том, что к подошве и к шейке рельса приваривают изогнутые полосы мягкого железа, которые дают возможность стыку под влиянием температурных воздействий расширяться и сужаться (фиг. 98). С изменением температуры такие стыки расходились и сходились на 2—4 см, но с течением времени происходил разрыв приваренных полос железа. Поэтому стык необходимо проверить конструктивно и в отношении качества металла, после чего только можно будет решить вопрос о его целесообразности.

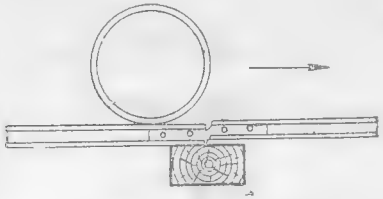
§ 59. Стыки механического соединения

Трамвайный путь состоит из отдельных частей — металлических рельсов. Стык этих рельсов (балок) прочно соединяется при помощи особых перекрывающих его накладок.

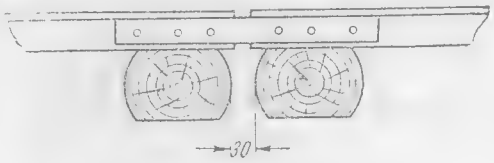
Конструкция стыков разнообразна, но, как бы она остроумна, мощна и солидна ни была, стык всегда остается ослабленным местом рельсовой нитки.

Конструкция наиболее старого стыкового соединения состоит из двух железных полос, сболченных четырьмя болтами. В дальнейшем в конструкцию стыков постепенно были внесены усовершенствования — появились распирающие накладки, сначала плоские, потом уголковые.

Распирающие накладки, работающие как клин, дают возможность сохранить правильное положение концов рельсов по высоте и передать на другой конец вертикальные и горизонтальные силы.



Фиг. 99. Стык на опоре.



Фиг. 100. Стык на весу.

Стык рельсового пути, расположенного на поперечных опорах (шпалах), вначале располагался на самой опоре (фиг. 99) (подпертый стык), а теперь применяется стык на весу (фиг. 100), расположенный в пролете между опорами.

Недостатки стыка на опоре следующие:

1) при проходе подвижного состава по стыку естественно получается удар, и жесткое расположение стыка нежелательно;

2) от удара давление передается только на одну стыковую шпалу;

3) стыковая шпала, как крайняя опора неразрезной балки, испытывает большие давления и больше оседает.

Преимущества стыка на-весу:

1) отсутствие жесткого удара;

2) распределение давления при ударе на две стыковые шпалы.

Однако, при устройстве стыка на-весу желательно сближать шпалы — делать расстояние между ними возможно меньшим, чтобы только можно было их укрепить.

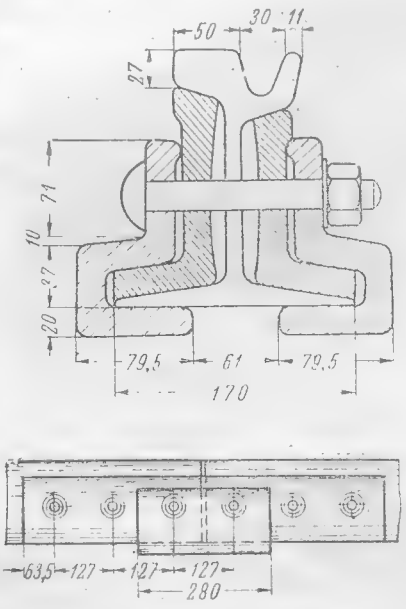
Стандартные накладки, применяющиеся в настоящее время для перекрытия стыков железнодорожных рельсов, двухуголковые, фартуковые. Эти накладки имеют бóльшую жесткость, чем простые плоские или уголковые накладки, так как фартук спускается ниже подошвы рельса на некотором протяжении средней части в пролете между стыковыми шпалами, там, где изгибающий момент имеет наибольшую величину.

На трамваях применялось большое количество разных типов стыков, причем в настоящее время, в связи с массовым развитием сварки стыков, от большинства из них отказались. Основным типом трамвайных стыков были также стыки с различными накладками.

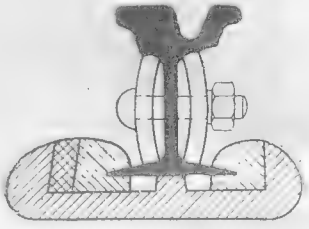
§ 60. Разновидности трамвайных стыков

Стык с охватывающими накладками, в котором накладка заходит за подошву рельса, требует тщательной пригонки плоскостей накладок, прилегающих к соответствующим частям рельсов в трех плоскостях. Конструкция эта трудно осуществима, так как прокатка накладок очень сложна. В настоящее время этот тип стыка не применяется.

Стык с обхватывающими подошву обхватками (Бохумер-Штосс) применялся на Московском и других трамваях до последнего времени. В нем цельность обхватывающих накладок нарушена и имеются нормальные уголковые накладки и подошвенные обхваты (фиг. 101).



Фиг. 101. Стык с обхватами (Бохумер-Штосс).



Фиг. 102. Стык Шейнинг-Гофмана

Недостаток обхватывающих накладок — три плоскости соприкасания — упразднен, но нарушено единство работы и уменьшен момент сопротивления накладок. При хорошем качестве проката накладок, обхватов и рельсов стык получается значительно устойчивей нормального стыка с одними накладками.

Стык Шейнинг-Гофмана (фиг. 102). Рельсы соединяют двумя плоскими накладками, а подошвы особым башмаком, состоящим из общей обоймы, двух вкладышей и клина, закрепляющего всю конструкцию в обойме. Вкладыши надевают на подошву в состоянии красного нагрева с цинковыми прокладками между ними и подошвой рельса, затем загоняют клин.

Преимущество этого типа стыка в сжатии вкладыша клином так, чтобы подошва оказалась закрепленной (при ухватах болты расположены далеко и не стягивают подошву).

Этот стык был распространен за границей, стоимость его очень высокая.

Стык с анкером — состоит из двух плоских накладок и усилен подошвенным анкером в виде куска рельса, соединенного с подошвой болтами или заклепками (фиг. 103).

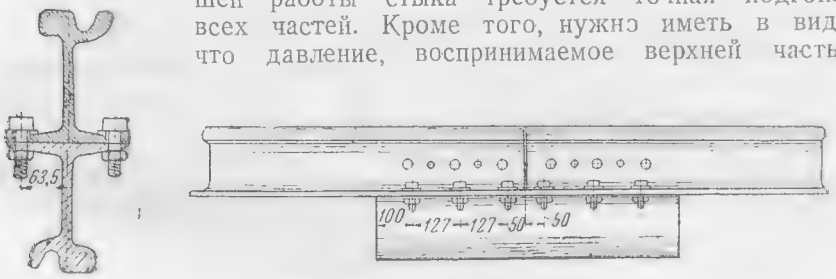
Длина анкера равна длине накладки, но может быть и меньше ее.

Анкер скрепляется шестью или четырьмя заклепками или болтами; болты дают худшее соединение, так как ослабевают.

У нас этот вид стыков распространен в Ленинграде.

Стык Мелауна. В основу конструкции стыка Мелауна положено условие избежать сплошного разрыва рельса в стыке. С этой целью в концах рельсов срезают головку на протяжении от стыка до середины расстояния между крайними болтами и заменяют ее частью наружной накладки.

В стыке имеется разрыв только шейки и подошвы. Для хорошей работы стыка требуется точная подгонка всех частей. Кроме того, нужно иметь в виду, что давление, воспринимаемое верхней частью



Фиг. 103. Стык с анкером.

накладки, заменяющей головку рельса, должно быть передано на подошву посредством нижней уширенной части, поэтому в месте прикасания накладки к шейке рельса должен быть оставлен зазор.

Стык этот применяется за границей. Недостаток его — два места разрыва головки.

Стыки смешанной конструкции. В этих стыках имеются те же накладки и анкеры, как и в сборных стыках, только их, вместо скрепления болтами, приваривают непосредственно к подошве и головке рельсов.

Накладки применяют обычно такие же, как и в сборных стыках, а конструкция анкеров бывает разнообразная. В сборных стыках применяются почти исключительно анкеры из рельсов, в стыках же смешанной конструкции встречаются анкеры из полосового железа.

Сварку можно производить при помощи электросварочных агрегатов или кислородно-ацетиленовой сваркой (газовой).

Приварка накладок производится или по всей соприкасающейся с рельсом поверхности накладки, или частично в самом стыке и у краев накладки.

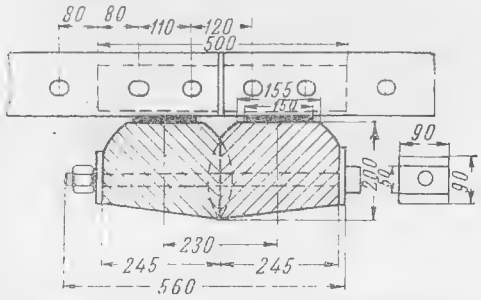
С развитием термитной сварки и специальных электросварочных стыков стыки смешанной конструкции уже не могут иметь широкого распространения, тем более, что в настоящее время сварка

стыков производится не только на прямых, но и на кривых. Стыки с приваренными накладками можно рекомендовать к применению на крутых кривых, в узлах и вообще в опасных местах сети, где требуется особая гарантия безопасности движения.

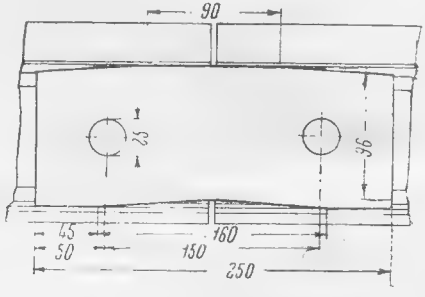
Стык проф. Оппенгейма. Стык опирается на две шпалы, соединенные тремя болтами. Нижние постели шпал устраивают с наклоном 1 : 6, увеличивающим устойчивость шпал и облегчающим их подбивку.

Этот стык (фиг. 104) нашел некоторое применение на железных дорогах и может быть использован и на трамвайных путях.

Стык стропильной системы — французский. Конструкция этого стыка основана на оригинальном принципе. Накладки в верхней части срезаны, а в нижней части имеют вырез



Фиг. 104. Стык проф. Оппенгейма.



Фиг. 105. Стык стропильной системы.

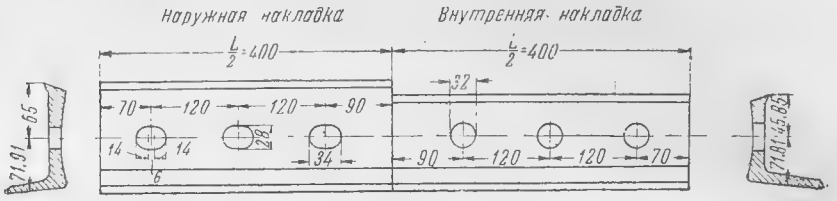
посередине (фиг. 105). Очертание накладки создает благоприятные условия для передачи давления от головки рельса на верхнюю плоскость накладок в их средней части и от нижних плоскостей на подошву рельса по концам накладок, где и происходит максимальный износ накладок. По мере износа накладок их можно путем подтягивания болтов установить так, чтобы они опять плотно прижимались к рельсу. Скрепляются накладки четырьмя или двумя болтами, длина накладок 210—380 мм. Иногда этот стык усиливают анкером.

Идея этих стыков — усилить их прочность в наиболее слабом месте, где колея имеет разрыв. В наших нормальных накладках прочность стыкового соединения не на всем протяжении одинакова: момент сопротивления накладок в месте разрыва не равен моменту сопротивления рельса. Такой неравномерной жесткости в стропильных накладках нет.

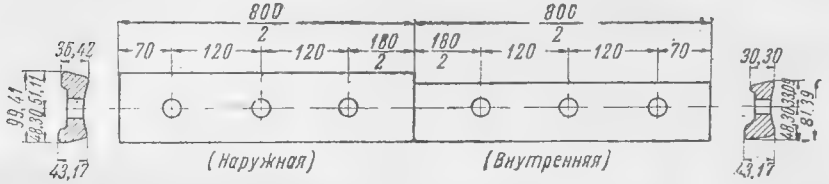
§ 61. Накладки

Для стыка рельсов Феникс высотой 180 мм применяют две различные по высоте (наружная высотой 13 см, а внутренняя 11 см) фасонные, шестидырные накладки с полками (фиг. 106), а для

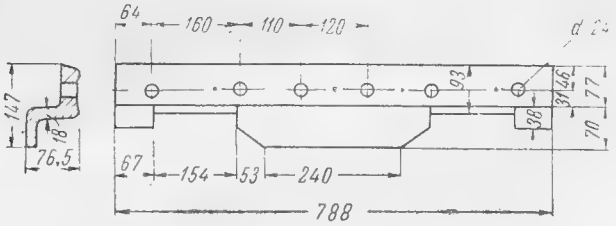
рельсов Феникс высотой 140 мм, показанные на фиг. 107. Для стыка рельсов Виньоль применяются две одинаковые железнодорожного типа шестидырные накладки с фартуками, причем для



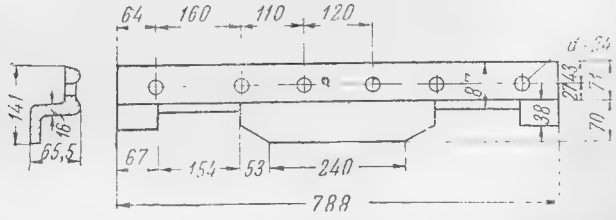
Фиг. 106. Накладки для рельсов Феникс выс. 180 мм.



Фиг. 107. Накладки для рельсов Феникс выс. 140 мм



Фиг. 108. Накладки для рельсов Виньоль Ia и IIa.



Фиг. 109. Накладки для рельсов Виньоль IIIa.

рельсов типа Виньоль Ia и IIa они одинаковы (фиг. 108), а для рельсов типа Виньоль IIIa несколько отличаются (фиг. 109). Основные размеры накладок (длина, сечение, расположение дыр) видны на чертежах и указаны в табл. 18.

Таблица 18

Основные данные для накладок

Показатели	Тип рельсов						
	Феникс		Феникс		Виньоль		
	Высотой 180 мм		Высотой 140 мм				
	для кривых	для прямых	для кривых	для прямых	Ia	IIa	IIIa
Вес одной пары накладок, кг	42,73	42,73	27,70	27,70	33,84	33,84	28,21
Площадь, $см^2$ . . .	68,22	68,22	44,21	44,21	72,14	72,14	60,32
Момент инерции, $см^4$ . . .	1128,37	1128,37	297,30	297,30	1002,88	1002,88	759,86
Отношение момента инерции пары накладок к моменту инерции рельса .	0,32	0,35	0,17	0,18	0,68	0,82	0,78

§ 62. Болты, гайки и шайбы

Болты служат для стягивания накладок. Для плотного и прочного прижатия накладок к рельсам натяжение болта должно сохраняться постоянным и достаточным.

Натяжение болтов может нарушаться от: разбалчивания гайки, растяжения болта, разработки нарезки болта, износа поверхности соприкасания гайки, накладки и рельса.

Нельзя считать, как это обычно принято, что ослабление натяжения происходит только от разбалчивания гайки.

Чем больше диаметр болта, тем прочнее болт и тем лучше он стягивает накладки, но тем больше ослабляется сечение рельса отверстием дыры. Поэтому целесообразнее улучшать качество материала, а не увеличивать диаметр болтов.

Болты, в зависимости от веса рельсов, в разных странах применяются различного диаметра. Например, для железнодорожных рельсов:

			мм
СССР	при весе рельса	43,5—33,5 кг	диам. болта 22
Франция	то же	48,0	то же 27
	„ „ „	45,0	„ „ „ 25
	„ „ „	36,0	„ „ „ 22
США	„ „ „	39,5	„ „ „ 22,2
	„ „ „	49,9	„ „ „ 25,4
	„ „ „	59,5—67,5	„ „ „ . . . . . 27—28,6
Бельгия	„ „ „	57,0	„ „ „ 27
	„ „ „	52,0	„ „ „ 25

На трамваях диаметр болтов принят в 25—28 мм.

Стержни болтов имеют различную форму: круглое сечение по всей длине, или часть стержня болта около головки делают квадратной, овальной или с бородкой. Назначение изменения формы стержня болта — препятствовать его вращению при завинчивании; это требует устройства специальных отверстий в накладке и вряд ли может быть рекомендовано.

Головка болта имеет продолговатую, прямоугольную, квадратную не симметричную, шестигранную форму.

Наиболее рациональной формой нарезки болта в настоящее время признается треугольная, хотя в США применяют и трапецоидальную.

Гайки применяют разнообразной формы: шестигранной, квадратной и др.

Высота гаек у нас принята равной диаметру болта; заграницей — немного больше.

Против саморазвинчивания гаек применяется много мер: контргайки различных конструкций, упругие, пружинящие элементы, вставляемые между накладками и гайками пружинных пластинок или колец, шайб Гровера — желобчатых пружинных шайб наиболее распространенных у нас.

За границей употребляются, кроме того, различные типы шайб, например, двойные, пружинные шайбы с полуторным завитком.

Оригинально приспособление системы Гобле (США), состоящее из шайбы с загибающейся лапой и язычком, перпендикулярным шайбе. Болтовый стержень в конце одной стороны срезан. Шайба надевается под гайку на стержень болта таким образом, чтобы язычок шайбы плотно прилегал к срезанной стороне болта. Затем надевают гайку, нарезающую на язычке резьбу. Лапа шайбы находит на гайку, вследствие чего гайка на может вращаться, а язычок не позволяет вращаться и шайбе, и развинчивания произойти не может.

Это приспособление не портит нарезки гайки, может быть закреплено в любом месте, при желании удалено и вновь восстановлено.

Приспособление системы Хунта (США) состоит из четырехугольной шайбы с круглым отверстием для болта и с боковым прорезом от края шайбы до отверстия. На внутреннем конце этого прореза имеются два выступа, упирающиеся в нарезку болта. Шайбу надевают на болт, настолько косо изогнутый, чтобы один выступ захватывал один шаг резьбы, а другой — следующий, и затем прочно завинчивают ключом, пока она не коснется гайки.

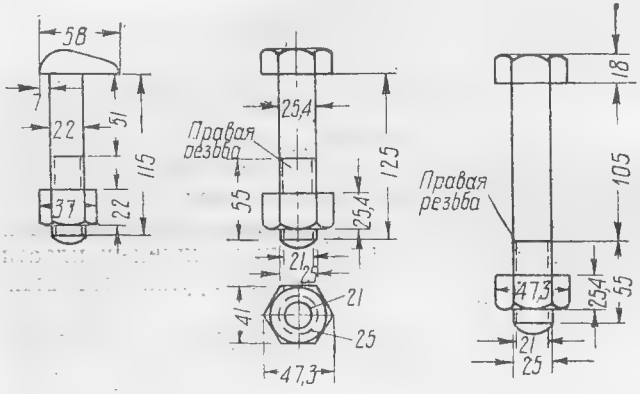
Приспособление системы Спира заключается в том, что в конце стержня болта вдоль оси высверливают отверстие и снабжают его нарезкой; кроме того, в стержне болта делаются вертикальные прорезы.

На болт навинчивают гайку, а в отверстие болта ввинчивают коническую пробку, которая распирает стержень болта и прижимает его к гайке, так как стержень болта разрезан на части.

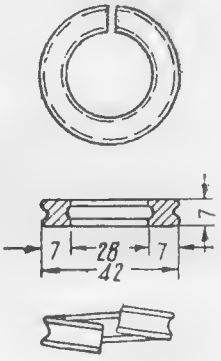
Таким образом, достигается прочное соединение, препятствующее гайке развинчиваться.

Для стыков рельсов Феникс применяют болты диам. 25 мм и длиной 125 мм; для соединения рабочего рельса с контррельсом — болты диам. 25 мм, и длиной 160 мм и для стыков рельсов Виньоль — болты диам. 22 мм, длиной 115 мм — нормального железнодорожного типа с вытянутой головкой (фиг. 110).

Гайки применяют шестигранные; высота гайки не должна быть меньше диаметра болта.



Фиг. 110. Болты для стыков рельсов Феникс и Виньоль.



Фиг. 111. Шайба Гровера.

Для сохранения должного натяжения в болтовом соединении применяют пружинные шайбы системы Гровера (фиг. 111) фасонного или прямоугольного сечения, толщиной 7—8 мм.

§ 63. Прикрепление рельсов к основанию

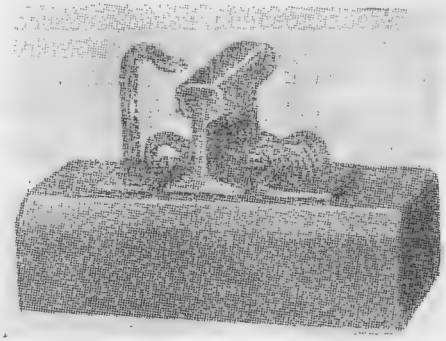
Шпальные основания получили массовое распространение, так как создают достаточную упругость рельсового пути и хорошее соединение рельсовых ниток с основанием. Однако, применяемое в настоящее время прикрепление рельсов к шпалам при помощи шурупов и костылей все же не достаточно прочно и не дает необходимой устойчивости пути.

Шурупное прикрепление рельсов к шпалам лучше, чем прикрепление костылями, но и шурупы, и костыли все же с течением времени ослабевают и выдергиваются из шпалы. Объясняется это тем, что от часто повторяющихся давлений подвижного состава рельс самостоятельно или вместе с подкладкой опускается в шпалу, сминая ее или даже перерезая волокна шпалы. В результате этого головка костыля или шурупа оказывается с зазором по отношению к подошве рельса и не может следовать за опускающейся подкладкой и рельсом. Рельс перестает встречать сопротивление головок костыля и шурупа и ударными действиями постепенно выдергивает их из шпалы.

Для противодействия этому явлению применяется раздельное скрепление рельса с накладкой и подкладки со шпалой, но и этот способ лишь немногим лучше нормального крепления шурупами или костылями.

В последнее время появились новые виды скреплений, дающие возможность конструкции двигаться вместе с подкладками при вдавливании их в шпалу. К таким видам скреплений относятся упругие скрепления, полученные путем введения компенсирующих стальных пластин, пружин и шайб, которые при установке их на место, подвергаясь упругой деформации, продолжают нажимать на рельс при вдавливании подкладки в шпалу. Опасного зазора при этом не получается. Но введение этих приспособлений сильно усложняет конструкцию.

За границей применяют пружинные костыли. Конструкция получается простой, но удовлетворяющей требованиям противодействия выдергиванию. На фиг. 112 изображена система Рюпинга с пружинными костылями. Костыли изготовляются из закаленной в масле рессорной стали сечением 16 × × 8 мм. Полосу стали складывают вдвое и изгибают с открытого конца. Костыль забивают в отверстие, предварительно высверленное в шпале, до тех пор, пока изгиб верхнего конца, упирающегося в рельс, достигнет 10 мм. Костыль держится прочно, и при вдавливании подкладок прочность скрепления не нарушается.



Фиг. 112. Пружинные костыли сист. Рюпинга.

Рельс со шпалой скрепляют шурупами или костылями через подкладку, назначение которой предохранить шпалу от преждевременного износа и создать условия одновременной и более надежной работы шурупов или костылей.

При устройстве трамвайных путей подкладки сначала не применяли, считая, что трамвайные нагрузки малы. На практике же обнаружился значительный износ шпал, особенно при рельсах Виньоль. После этого подкладками начали пользоваться при укладке пути из рельсов Виньоль и только в последнее время стали применять подкладки и для рельсов Феникс.

Вопрос о характере подкладок для трамвайных путей еще не получил разрешения во всех трамвайных предприятиях. На железной дороге применяют подкладки с подуклонкой, равной 1 : 20, при конических бандажах подвижного состава. В трамваях же применяют большей частью цилиндрические бандажи, поэтому в первое время и подкладки применялись исключительно плоские. Наблюдения за износом рельсов показали, что износ головки всегда идет с уклоном внутрь колеи, а бандажи изнашиваются

на конус. Поэтому на Московском трамвае еще в 1931—1932 гг. были уложены опытные участки пути из рельсов Виньоль на нормальных клинчатых подкладках железнодорожного типа. Эти опыты дали положительные результаты: полоса качения на рельсах с первых же дней работы была больше, чем на рельсах, уложенных горизонтально, и износ головок получился более равномерным. Основываясь на этом, с 1934 г. на Московском трамвае узаконено применение клинчатых подкладок при укладке рельсов Виньоль, а с 1938 г., в связи с возможностью прокатки подкладок и для рельсов Феникс, узаконено применение подкладок с подуклонкой также для рельсов Феникс.

Уклон подкладок принят равным 1 : 20.

Исследования износа рельсов и бандажей, проведенные Московским и Ленинградским трамваями, Академией коммунального хозяйства и Ленинградским институтом коммунального хозяйства, доказали, что средний износ рельсов и бандажей получается с уклоном, близким 1 : 10, и подтвердили правильность применения подкладок с подуклонкой. Необходимо теперь поставить вопрос о форме бандажа трамвайных вагонов, так как только около 10% новых бандажей на линии имеют цилиндрическую форму, а остальные получили конический износ.

Угон рельсов, наблюдавшийся в больших масштабах на железнодорожных путях, на трамваях почти не наблюдается, за исключением участков пути, расположенных на обособленном полотне.

Конструкция противоугонных приспособлений, применяемых в открытых путях на трамваях, не отличается от железнодорожных.

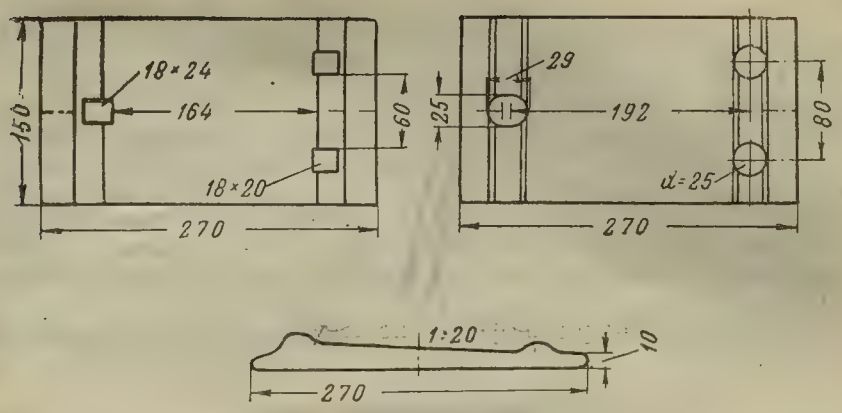
Требования, предъявляемые к трамвайному пути в отношении ликвидации шума, должны, в первую очередь, отразиться на конструкции прикрепления рельсов к основанию. Некоторые основания, особенно бетонные, обладают большой жесткостью. Взаимодействие металлических жестких рельсов с жесткими основаниями вызывает значительный шум при проходе подвижного состава.

Принятой конструкции, которая бы уменьшала шум, пока нет. В виде опыта применяют всевозможные упругие подкладки между рельсами и основанием из резины, прессованного дерева, асфальта, до некоторой степени уменьшающие шум, но вопрос этот пока окончательно не разрешен.

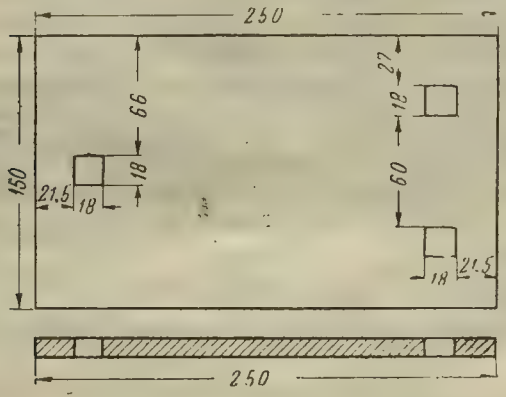
§ 64. Подкладки, костыли и шурупы

В трамвайном путевом хозяйстве применяются плоские и клинчатые (с подуклонкой), а также двухребордчатые или одноребордчатые подкладки.

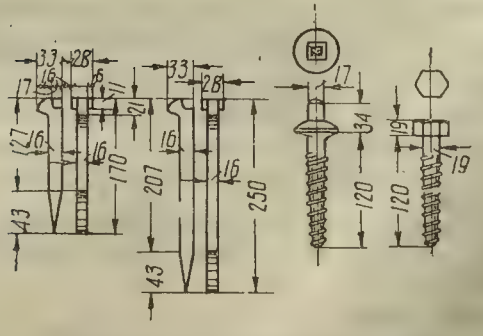
Вопрос применения тех или других подкладок разрешается по-разному: одни трамвайные хозяйства применяют подкладки с подуклонкой, несмотря на наличие цилиндрических бандажей, а другие — плоские.



Фиг. 113. Подкладка для рельсов Феникс с подуклонкой.



Фиг. 114. Подкладка для рельсов Феникс плоская.



Фиг. 115. Костыли и шурупы.

Уклон клинчатых подкладок принимают равным 1 : 20. Основные размеры и форма нормальных подкладок показаны на фиг. 113 и 114. Подкладки изготовляют с прямоугольными дырами для костылей и с круглыми для шурупов.

Для прикрепления рельсов к шпалам применяют костыли и шурупы. Шурупы, благодаря своей винтовой нарезке, способны оказывать большее сопротивление выдергиванию, чем костыли, но большого распространения в трамвайном хозяйстве пока не получили вследствие отсутствия при путевых работах трамвая механизмов для сверления отверстий в шпалах и завертывания шурупов.

Основные размеры и форма костылей и шурупов приведены на фиг. 115.

§ 65. Поперечные тяги

Соединение отдельных рельсов для правильного и постоянного направления рабочего канта, достигаемое различными конструкциями стыков, недостаточно для нормального и безопасного движения вагонов. Кроме этого, требуется еще соединить отдельные рельсовые нитки для установления постоянной (неизменной) ширины колеи — расстояния между рабочими кантами рельсов. Это соединение не менее важно для безопасности движения и для предохранения рельсов от ненормального (бокового) износа, чем соединение стыков рельсов. Неправильная и неравномерная ширина колеи на прямых вызывает виляние вагона, а на кривых создает неравномерный износ рельсов.

Соединение рельсовых ниток достигается двумя способами:

1) поперечными тягами,

2) прикреплением рельсов к опорам при помощи костылей или шурупов.

На железных дорогах применяется исключительно второй способ.

Назначение поперечных тяг, кроме поддержания нормальной ширины колеи, заключается еще в предохранении рельса от опрокидывания, а при отсутствии шпал, и от поперечных перемещений. Тяги обязательно устанавливаются при бесшпальном основании, когда рельсы нельзя прикрепить к основанию, а также во всех случаях применения трамвайных рельсов (высоких). Желательно применение тяг и при укладке железнодорожных рельсов в замощенных проездах. Это относится к прямым участкам пути. На кривых же тяги обязательны при всяких типах рельсов, в том числе и при железнодорожных, и вне зависимости от замощения трамвайных путей.

Нормальное расстояние между тягами на прямых принято 2,5 м. На кривых оно уменьшается в зависимости от радиуса кривой.

В основном существует три типа тяг:

а) круглые винтовые,

б) плоские с круглыми концами с нарезкой,

в) плоские лапчатые.

От последнего типа в настоящее время отказались из-за следующих неудовлетворительных его качеств.

Тяги скрепляются с рельсом (с шейкой его) болтами. Для установления определенной ширины колеи необходимо между загнутым концом тяги и шейкой рельса вставлять тонкие (до 1 мм) прокладки (пластинки). Изменяя количество прокладок, можно регулировать ширину колеи. Это довольно сложно — чтобы вставить или вынуть пластинку, нужно разбалчивать тягу. Кроме того, тяга от действия горизонтальных сил может разгибаться и не дать гарантии постоянства колеи.

Круглые винтовые тяги в этом отношении удобнее — в них регулирование колеи достигается подбалчиванием гаек. Тяги скрепляются с рельсом при помощи двух гаек и двух шайб.

Диаметр круглых тяг — 25 мм, редко 22 мм.

Фиг. 116. Поперечные тяги.

Круглые и плоские винтовые тяги обладают достоинствами и недостатками; применение имеют те и другие. Недостаток плоской тяги с наварными круглыми концами тот, что концы могут быть не вполне хорошо приварены, и тогда тяга может не выдержать приходящуюся на нее горизонтальную нагрузку, и конструкция окажется ненадежной.

У круглой тяги эти недостатки отсутствуют.

К достоинству плоской тяги нужно отнести малую ее толщину: 9—10 мм, что представляет большие удобства при устройстве пути с усовершенствованным покрытием из штучных камней (брусчатки, клейнпфлястера, клинкера, деревянной торцовой). Толщина круглой тяги доходит до 25 мм; при устройстве мостовой приходится подрубать камни, а при осадке мостовой нет гарантии, что под действием проезжающих экипажей камень не будет надавливать на тягу и не прогнет ее, а изгибание тяги вызовет сужение колеи. Плоская же тяга расположена между камнями и такой опасности не подвержена, да и сечение ее в вертикальной плоскости выдерживает гораздо большее усилие на изгиб, чем круглой тяги. Сечение же в горизонтальной плоскости, наоборот, ослаблено по сравнению с круглой тягой.

Основные типы применяемых тяг показаны на фиг. 116. Тяги с удлиненной нарезкой ставят на кривых с контррельсами.

§ 66. Электрическое соединение рельсов

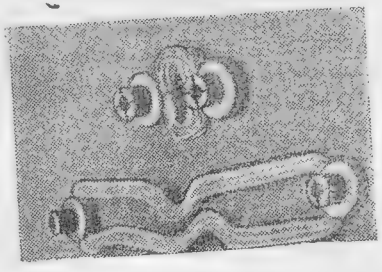
Кроме механического соединения стыков для понижения сопротивления (омического) рельсовых ниток, служащих проводником

для возвращающегося тока, устраивают электрическое соединение рельсов.

Устройство электрических соединений влияет на уменьшение расходования электрической энергии и, кроме того, предупреждает возникновение блуждающих токов и предохраняет подземные металлические трубопроводы и кабели от разрушающего действия электролиза. Особенно страдают от действия электролиза свинцовые телефонные кабели. Имеются случаи, когда их приходилось сменять иногда каждый год, а иногда даже два раза в год. Было установлено, что причины заключались в недостаточном наблюдении за путями в отношении электропроводности.

Электрические соединения устраивают трех видов: стыковые, путевые, междупутные.

Стыковые электрические соединения обязательно устанавливают на каждом сборном (механическом) рельсовом стыке, путевые и междупутные — согласно техническим условиям и нормам: путевые через 150 м и междупутные через 300 м.



Фиг. 117. Пульковое электрическое соединение.

Вопрос о сварных стыках одно время (в 1926—1927 гг.) часто обсуждался, и многие специалисты считали, что сварной стык неудовлетворительно работает в отношении электропроводности. Однако, исследования, произведенные в 1927 г., установили, что участок рельса со стыком, сваренным термитом, имеет практически сопротивление, одинаковое с сопротивлением целого рельса той же длины. Но сварка стыков не может полностью разрешить вопроса о проводимости обратного тока. В сети имеется значительное количество стыков, которые не могут быть сварены; поэтому стоит вопрос о выборе типа электрического соединения.

Лучшими качествами обладают электрические соединения, изготовленные из меди.

Почти до последнего времени на трамвае применялись пульковые электрические соединения, представляющие собой пучок медных проволок или пластинок, зажатых во втулку, которая вставлялась в отверстие, высверленное в шейке рельса, и расклинивалось пулькой (фиг. 117).

Поперечное сечение всех медных проводов было около 80 мм². Сопротивление такого стыка эквивалентно сопротивлению 2,5 м целого рельса, что по отношению к 15-метровому рельсу составляет около 17%. Однако, пульковые электрические соединения обладают большими недостатками: требуют особой чистоты отверстий в рельсах и месте соприкасания с рельсом; малейшая ржавчина повышает сопротивление. Кроме того, соединения быстро расстраиваются, так как пулька легко может ослабнуть, и проводимость стыка нарушится.

Поэтому большинство таких соединений уже после первого года работы оказывается неудовлетворительным в отношении проводимости тока.

В настоящее время газовая сварка или электросварка электрических соединений обязательна.

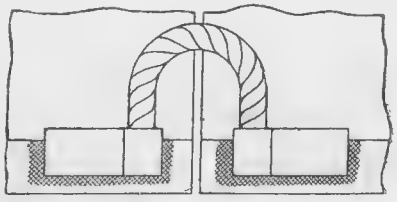
Медные электросоединения, привариваемые к рельсам, изготовлялись из старого троллейного провода длиной в 330 мм. Отогнутые концы провода, по 60 мм, приваривались к внешней стороне боковой поверхности головки рельса, иногда — к подошве рельса. Провод изгибают для предохранения от разрыва.

Сопротивление такого типа соединения эквивалентно 1 м рельса и понижает электропроводность пути всего на 7%.

Иногда вместо провода небольшой длины (в случае приварки к подошве) приваривали соединения (когда мешает накладка) длиной до 1,2 м.

Кроме этого, существует много различных типов электрических соединений: медных, комбинированных, железных, биметаллических.

Комбинированные электрические соединения (фиг. 118) состоят из медной проволоки, обжатой железной муфтой. Железную пластинку, размером $5 \times 25 \times 130$ мм, изгибают; образуется муфта, в которую вставляют концы медной проволоки. Концы проволоки обжимаются в муфте и сплавляются в ней. Образующий муфту конец пластины приваривают к боковой поверхности головки рельса. Суммарное сечение медной проволоки должно быть 80 мм².



Фиг. 118. Комбинированное электрическое соединение.

Железные электрические соединения делают из оцинкованной железной проволоки общим сечением 450 мм² (эквивалентной 80 мм² меди).

Биметаллические электросоединения (меди 35%, железа 65%) требуют сечения 150 мм².

Опыты доказали возможность применения железных и биметаллических электросоединений.

Особенно можно их рекомендовать в качестве путевых и междупутных электросоединений.

§ 67. Влияние блуждающих токов на подземные сооружения

Блуждающими токами называются токи утечки электрических устройств, протекающие в земле и в подземных металлических сооружениях. Появление их в земле объясняется недостаточной изоляцией токопроводящих устройств по отношению к земле.

Рельсовая сеть трамвайных путей служит проводником обратного электрического тока. Электрический ток от тяговой подстанции через контактный провод и токоприемник вагона попадает в мотор, приводящий в движение вагон, из которого через колеса

попадает в рельсы и по ним возвращается на подстанцию. Таким образом получается замкнутая электрическая цепь.

Путевые рельсы, изоляция которых по отношению к земле незначительна, представляют собой при хорошей проводимости грунта источник блуждающих токов — из рельсов часть электрического тока вытекает в землю.

Сила блуждающего тока зависит от состояния путевого хозяйства с точки зрения электропроводности, от конструкции пути и степени влажности путевой конструкции, от наличия количества и сечения отсасывающих фидеров (специальных кабелей, прокладываемых от рельсовой сети на подстанцию), от электропроводимости грунта и других причин.

Находящиеся в земле металлические сооружения, кабели, трубопроводы представляют собой хорошие проводники для протекающего в земле электрического тока. Поэтому большая часть тока, выходящего из рельса в землю, попадает в эти трубопроводы, проходит по ним некоторое расстояние и в благоприятных местах выходит из них обратно в землю.

Электрический ток, попавший в подземное сооружение, в месте своего выхода из него производит разрушения в результате электрохимического процесса, называемого электрокоррозией металлического сооружения.

В земле, которая представляет собой электролит, в данном случае находятся два электрода: один — путевые рельсы, другой — подземные металлические сооружения. При прохождении по этой цепи постоянного тока происходит растворение отдающего ток электрода — анода, частицы металла отнимаются от него, вследствие чего расходуется металл анода.

Если анодом служит труба подземного сооружения, то стенки ее современем становятся тоньше, в результате чего в них образуются отверстия, — труба разрушается.

Количество растворенного металла анода в граммах определяется по закону Фарадея:

$$q = 0{,}01036 \frac{A}{n} It \cdot 10^{-3},$$

где: A — атомный вес вещества анода; n — его валентность; I — сила тока в амперах и t — время в секундах.

Практически значение этой величины оказывается меньше, так как она зависит от сопротивления почвы, которое имеет резкие колебания.

Для характеристики вредного действия электролиза можно привести следующие данные: постоянный ток силой в 1 ампер, протекающий непрерывно в течение года, разлагает

свинца	— 33, 8 кг,
стали или железа	— 9,13 „
меди	— 10,35 „
алюминия	— 2,95 „

Следовательно, из подземных сооружений наибольшие разрушения испытывают свинцовые оболочки телефонных кабелей, в сильной степени также страдают медные кабели и любой металлический трубопровод.

На фиг. 119 показано характерное разъедание свинцовой оболочки телефонного кабеля.

Фиг. 119. Разъедание свинцового кабеля блуждающими токами.

Разрушения этих сооружений приносят огромные убытки и вред: часто нарушают телефонную и телеграфную связь, водоснабжение, правильную работу сигнализации.

§ 68. Борьба с электрокоррозией подземных сооружений

Борьба с вредным действием блуждающих токов состоит в предотвращении их возникновения и в защите подземных металлических сооружений от разрушающего их действия. Первым видом борьбы занимаются трамвайные предприятия, вторым — предприятия, ведающие подземными сооружениями.

К основным мерам предотвращения возникновения блуждающих токов относятся:

1. Увеличение проводимости рельсового пути. Это достигается уменьшением электрического сопротивления рельсовых стыков, сваркой их и приваркой электрических соединений в местах разрыва рельсовых ниток; равномерным распределением электрической нагрузки на все нитки пути, осуществляемым приваркой путевых и междупутных электрических соединений и повышением проводимости самих рельсов; подбором соответствующего состава стали (уменьшение процентного содержания кремния, марганца).

2. Увеличение переходного сопротивления от рельсов в грунт. Переходное сопротивление может быть увеличено почти в четыре раза применением щебеночного балласта вместо песчаного. Большое значение имеет качество дренажных устройств полотна трамвайных путей, так как влажность балласта значительно уменьшает его сопротивление. Нельзя допускать пропитку шпал хлористым цинком, понижающим сопротивление; пропитка креозотом дает хорошие результаты.

3. Устройство специальных отсасывающих фидеров. Для уменьшения потенциала рельсов по отношению к земле и выравнивания потенциала в рельсовой сети большое

значение имеет правильный выбор точек отсасывания и сечения фидеров (кабелей).

4. Уменьшение тока в обратной рельсовой сети. Это осуществляется уменьшением протяженности отдельных питаемых током участков за счет увеличения количества и правильного распределения питательных и отсасывающих пунктов, а также подстанций.

К основным мерам защиты подземных металлических сооружений от разрушающего действия блуждающих токов относятся:

1) электрическая защита трубопроводов и поверхности кабелей с целью предотвратить попадание блуждающих токов на подземные сооружения, осуществляемая применением различных покрытий, состоящих из асфальта, каменноугольного пека с примесью асбеста, глины, иногда обертыванием тканью, а также покрытием бетоном специального состава;

2) удаление подземных сооружений от рельсовых путей, осуществляемое углублением их или отнесением в сторону;

3) организация системы изолирующих фланцев и муфт с целью понижения потенциалов на концах изолированных участков (целесообразно только в сухих почвах);

4) увеличение переходных сопротивлений от трубопроводов или кабелей в грунт, осуществляемое прокладкой их в специальных коллекторах на изоляторах, а также в подземных жолобах и трубах;

5) устройство специального электрического дренажа путем присоединения подземного сооружения к отсасывающему ток кабелю, к рельсам или к минусовой шине подстанции в местах наибольшего положительного потенциала; в этом случае токи из подземных сооружений переходят в обратную сеть безвредно, почти не попадая в грунт.

§ 69. Устройство пути на кривых участках

Условия работы рельсового трамвайного пути на кривых и прямых участках не одинаковы. Поэтому к конструкции пути на кривых, особенно малого радиуса, предъявляют другие требования, чем к пути на прямых.

Если кривой участок пути состоит из обычных рельсов Виньоль без контррельсов, то вагон, стремясь двигаться по касательной к кривой, займет такое положение, при котором наружное колесо передней оси будет упираться в наружный рельс, а внутреннее колесо задней оси — во внутренний рельс кривой.

При жолобчатых рельсах Феникс, или применении контррельсов эта схема движения может быть изменена. Внутреннее колесо передней оси, упираясь в контррельс внутреннего рельса, и наружное колесо задней оси, упираясь в контррельс наружного рельса, при определенных условиях не дадут возможности наружному колесу передней оси и внутреннему колесу задней оси упираться в головку основного рельса кривой.

Для правильного вписывания ходовых частей подвижного состава в кривые и получения нормального износа рельсов в кривых колею уширяют согласно расчету — или в соответствии с данными технических условий.

Для противодействия образующейся при движении вагона по кривой центробежной силе должно быть предусмотрено превышение наружной рельсовой нитки над внутренней.

Кроме того, должно быть уширено междупутье во избежание задевания одного вагона другим, так как при проходе по кривым кузов вагона значительно больше выступает за пределы пути.

На кривых участках пути укладывают рельсы Феникс специального профиля с более мощной и повышенной губкой, а иногда и с уширенным жолобом. Стандартный профиль для кривых Феникс $Т-60$, высотой 180 мм, имеет жолоб шире на 5 мм и превышение губки над головкой на 5 мм. Рельсы Виньоль укладывают на кривых малых радиусов с контррельсами или по одной внутренней нитке, или по обоим ниткам. При этом износ рабочего рельса уменьшается за счет износа контррельса, который служит и направляющим движение вагонов.

Сварка термитом стыков кривых участков пути малых радиусов не разрешается, хотя в виде опыта она и производилась.

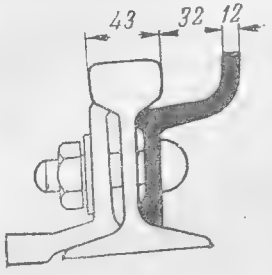
Стыковые соединения, соединение рельсовых ниток, соединение рельса с основанием, электрические соединения на кривых участках пути устраивают так же, как и на прямых.

За границей для укладки на кривых, кроме нормальных типов рельсов Феникс, применяется большое количество различных составных типов рельсов. У нас же, кроме, специальных рельсов Феникс, для кривых применяют также и рельсы типа Виньоль с контррельсами.

Составные рельсы и рельсы Виньоль с контррельсами обладают большими недостатками. Всякое болтовое скрепление ненадежно — от развинчивания болтов контррельс отходит от основного рельса, нарушая цельность конструкции и не давая в отдельных случаях гарантии безопасности движения; отвод воды, попадающей в жолоб, затруднен, а ремонт (подвинчивание гаек) сопряжен с разломкой мостовой. Поэтому во всех случаях предпочтительнее укладывать специальные рельсы Феникс для кривых, чем составные рельсы или рельсы Виньоль с контррельсом, несмотря на то, что составные рельсы имеют и ряд преимуществ (возможность регулирования ширины жолоба и смены контррельса без смены основного рельса).

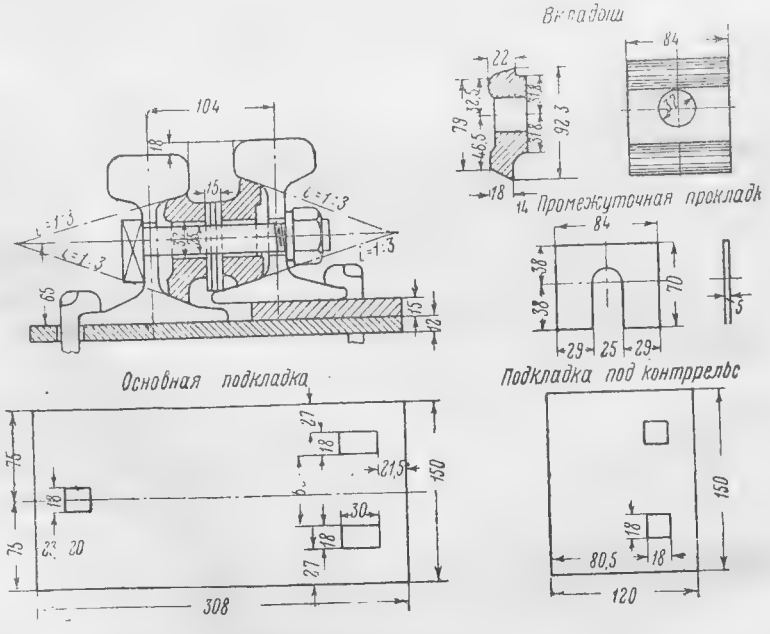
Теоретически ширина жолоба должна меняться в зависимости от ряда условий, главным образом, от радиуса кривых. Однако, на практике делать жолоб различной ширины для кривых разного радиуса нерационально и можно принять одну величину уширения жолоба, полученную при расчете кривой минимального радиуса. В профиле рельсов Феникс, высотой 180 мм, принята ширина жолоба 37 мм, а в рельсах Феникс, высотой 140 мм, она одинакова для прямых и кривых и равна 35 мм. За границей ширину жолоба доводят до 40 и даже до 43 мм.

Контррельсы к рельсам Виньоль делают из тех же рельсов. Работа контррельса значительно отличается от работы основного рельса. В контррельсе износу подвергается лишь боковая поверхность головки, поэтому профиль рельса Виньоль, применяемого как контррельс, используется нерационально: полезная работа головки рельса составляет только 50%, а форма подошвы рельса, рассчитанная на передачу вертикальных давлений основанию, для контррельса не подходит. Для контррельса нужен профиль, который бы давал наибольший возможный износ головки (при более рациональной форме) и устойчивость под действием горизонтальных сил. К такому профилю может быть отнесен тип, показанный на фиг. 120.



Фиг. 120. Рациональный тип контррельса.

Нужно, однако, учитывать, что на контррельсы могут быть использованы рельсы, бывшие в употреблении. Поэтому отказаться полностью от применения рельсов типа Виньоль в качестве контррельсов нельзя.



Фиг. 121. Крепление контррельса типа Виньоль.

Крепление контррельса к основному рельсу должно давать нормальную и постоянную ширину жолоба между основным рельсом и контррельсом и определенное превышение контррельса над

основным рельсом. Для этого контррельс должен быть устойчивым в горизонтальной и вертикальной плоскостях и, кроме того, должна быть возможность подтягивания контррельса к основному рельсу по мере бокового износа.

Этим условиям удовлетворяет крепление, показанное на фиг. 121. В этой конструкции применен чугунный составной вкладыш, состоящий из трех одинаковых частей фасонного вкладыша и двух одинаковых плоских промежуточных прокладок, дающих возможность регулировать ширину жолоба. Контррельс лежит на дополнительной металлической подкладке, необходимой для его устойчивости.

Применявшиеся раньше целые чугунные вкладыши для контррельсов не давали возможности регулировать ширину жолоба, а при применении в качестве вкладышей трубок или деревянных вкладышей не создавалась устойчивость контррельса и неизменность его положения по отношению к нормальному рельсу.

Постановка контррельсов по обоим ниткам пути обязательна:

на горизонтальной площадке при радиусе кривой до 50 м;
на уклонах больше 1% при радиусе кривой до 75 м;
на уклонах больше 2% при радиусе кривой до 100 м.

По одной внутренней нитке контррельсы ставят:

при радиусе кривой до 200 м вне зависимости от уклона;
при уклонах больше 1% на кривых радиуса до 300 м;
на уклонах больше 2% на кривых радиуса до 400 м.

§ 70. Ширина колеи на кривых участках трамвайных путей

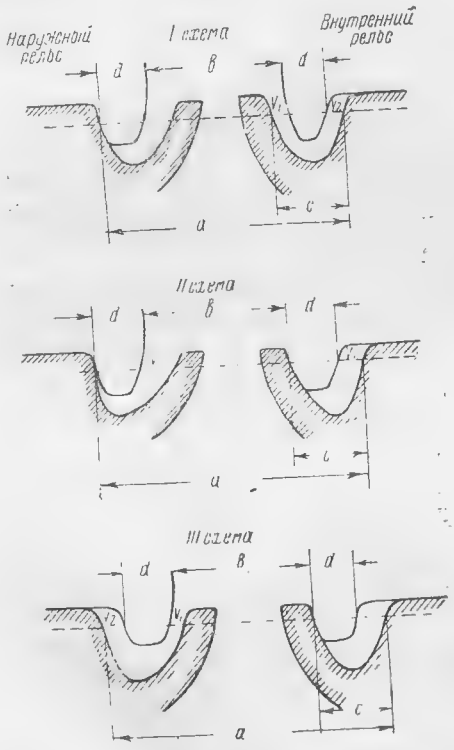
Ширина колеи трамвайных путей на прямых участках устанавливается в зависимости от насадки подвижного состава и равна 1524 мм.

Вопрос об уширении колеи в кривых малых радиусов, протяжение которых доходит до 15% общей длины путей, имеет серьезное экономическое значение ввиду значительного износа рельсов в кривых, а следовательно, и частой их смены.

На практике до последнего времени отдельные трамвайные предприятия имели свои нормы уширения колеи в кривых, теоретически не обоснованные и практически не проверенные. НККХ РСФСР в правилах технической эксплоатации установил единые нормы уширения пути в кривых. По этим правилам на кривых радиуса до 75 мм колея должна быть уширена на 8 мм, т. е. доведена до 1532 мм.

Существует много способов расчета ширины колеи в кривых, из которых можно отметить следующие: аналитический способ инж. Томаса, графический — Вилькинса, графо-аналитический — проф. Каменского. Названные авторы, решая задачу по разному, получили для кривых радиуса больше 25 м очень близкие результаты.

Конструкция трамвайных путей, кроме основных рабочих головок рельсов, имеет также и контррельсы или губки рельсов Феникс, которые на кривых участках также вступают в работу. Износ основных рельсовых головок и контррельсов должен быть таким, чтобы все четыре элемента одиночного пути (обе головки и обе губки или головки контррельса) получили одинаковые предельно допускаемые величины износа.



Фиг. 122. Вписывание вагона в кривую.

a—ширина колеи; *b*—искаженная ширина насадки колес; *c*—ширина жолоба; *d*—искаженная ширина реборды; v_1 и v_2—зазоры между бортом и губкой или головкой рельса.

Это основное условие для расчета колеи на кривых участках пути не имеет постоянного характера. В связи с боковым износом головок и губок рельсов изменяется ширина жолоба и колеи, а с изменением ширины жолоба и колеи изменяется схема движения вагона по кривой.

Из условий вписывания вагона в кривые в зависимости от принятой ширины колеи и жолоба могут быть следующие схемы движения вагона по кривой (фиг. 122);

I — вагон направляется исключительно головками рельсов (губки рельсов не работают);

II — вагон направляется и головками, и губками рельсов;

III — вагон направляется только губками рельсов (головки рельсов на боковой износ не работают).

Ширина колеи на кривых участках пути зависит, кроме того, от радиуса кривой, жесткой базы ходовых частей вагона, ширины насадки, ширины, высоты, формы и износа реборды, радиуса окружности бандажа.

Немногие трамвайные предприятия имеют однотипный подвижной состав, большинство же, особенно крупные, имеют различные серии вагонов с разной величиной жесткой базы, диаметра колес. Расчет ширины колеи, произведенный для одного типа подвижного состава, будет неверным для другого.

Следовательно расчет ширины колеи в кривых должен быть построен таким образом, чтобы дать для кривой разных радиусов такую первоначальную ширину колеи при определенной величине жолоба (для рельсов Феникс 35 и 37 мм, для рельсов Виньоль

35—40 мм), которая гарантировала бы при наличии определенного подвижного состава максимальный предельно допускаемый боковой износ головок и губок рельсов и вертикальный износ головок рельсов.

На линии курсируют вагоны с жесткой базой и отступлениями в параллельности осей, с разными диаметрами колес, с отступлениями в насадке колес, поэтому точный аналитический метод расчета применять нецелесообразно. Каждый до некоторой степени приближенный расчет необходимо проверить на опыте, увязав ширину колеи и жолоба с превышением наружной нитки над внутренней.

На кривых участках пути горизонтальный износ головки превышает вертикальный, примерно, в полтора раза. Поэтому, чтобы рельс выбывал из строя при полном допускаемом износе всех его рабочих частей и не пришлось бы производить смены рельса при неполном вертикальном износе из-за предельного горизонтального износа, нужно на первое время работы кривой перенести главную работу на контррельсы, т. е. применить III схему движения, с тем, чтобы с увеличением износа она перешла во II. Направляющими движения будут служить в этом случае контррельсы, что удовлетворяет и условиям безопасности движения на кривых малых радиусов, так как губки рельсов Феникс и контррельсы имеют повышенную верхнюю поверхность по сравнению с головкой основного рельса, дающую бо́льшую гарантию против схода вагона на кривой.

Для сравнения данных об уширении колеи в кривых приведена табл. 19, в которой даны величины уширений для разных радиусов кривых, определенные разными способами расчета и принятые разными трамвайными предприятиями.

Таблица 19

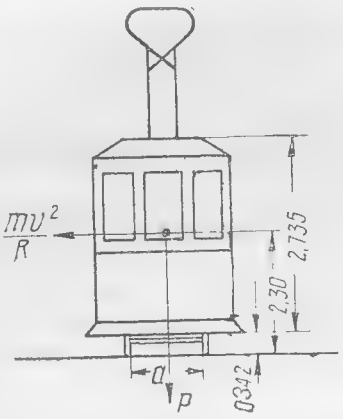
Нормы уширения колеи в кривых

Радиус кривой	Уширение колеи в мм, рассчитанное						
	по способу Кондратьева	по способу Каменского	по способу Томаса для старых вагонов	по способу Томаса для новых вагонов		Старые нормы московского трамвая	Нормы, установленные правилами технической эксплоатации
				для рельсов Феникс	для рельсов Виньоль		
1	2	3	4	5	6	7	8
20	6,9	10	6,3	6	8	7	8
25	8,6	10	7,7	11	7	8	8
30	9,5	10	8,6	13	6	8	8
40	10,2	10	9,4	15	4	9	8
50	10,2	—	—	15	2	10	8
60	10,6	—	9,8	13	0	10	8
75	—	—	—	—	—	10	8
80	—	—	—	10	0	0	0
100	—	—	—	5	0	0	0

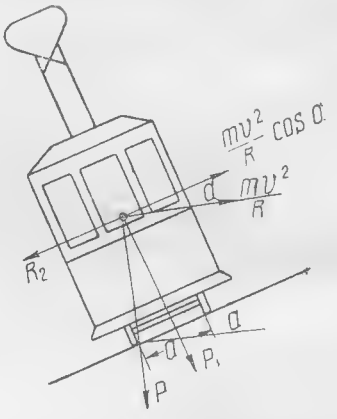
§ 71. Повышение наружного рельса в кривых

Повышение наружного рельса в кривой преследует две цели: уничтожение опрокидывающего действия центробежной силы и уменьшение давления вагона на наружный рельс. Под влиянием центробежной силы внутренний рельс разгружается, а наружный перегружается.

Опрокидывающее действие центробежной силы незначительно даже при больших скоростях, в трамваях же эту величину можно



Фиг. 123. Положение вагона на пути.



Фиг. 124. Действие центробежной силы от вагона на путь.

не учитывать. Действительно, центробежная сила, равная $\frac{mv^2}{R} = \frac{Pv^2}{gR}$, приложена к центру тяжести вагона на высоте 2,3 м от головки рельса.

Опрокидывающий момент

$$M_1 = \frac{Pv^2}{gR} \cdot 2{,}3 \text{ кгм}.$$

Этому моменту противодействует момент веса вагона (фиг. 123)

$$M_2 = P\frac{a}{2}.$$

Приравняв эти два момента, можно определить предельную скорость, при которой возможно опрокидывание

$$\frac{2{,}3\,Pv^2}{gR} = \frac{Pa}{2},$$

откуда:

$$v^2 = \frac{gRa}{4{,}6} = \frac{9{,}81 \cdot 1{,}524\,R}{4{,}6} = 3{,}25\,R,$$

$$v = 1{,}8\sqrt{R}.$$

При наименьшем радиусе 20 м момент опрокидывания равен моменту сопротивления вагона при скорости $v = 8$ м/сек. или 28,8 км/час.

При бóльших радиусах требуется еще бóльшая скорость. Такие скорости на кривых малых радиусов не практикуются, поэтому повышение наружного рельса нужно рассчитывать только по его перегрузке.

При повышении наружного рельса над внутренним на h мм угол поперечного наклона плоскости колеи (фиг. 124) будет α

$$\text{и } \operatorname{tg}\alpha = \frac{h}{a}.$$

Вес вагона P разлагается на P_1 — перпендикулярно плоскости колеи и P_2 — параллельно ей.

Для передачи веса вагона равномерно на оба рельса пути и уничтожения влияния центробежной силы необходимо, чтобы проекция центробежной силы $\frac{mv^2}{R}$ на направление, параллельное плоскости колеи $\frac{mv^2}{R}\cos\alpha$ (где $m = \frac{P}{g}$, а P — вес вагона в кг), было равно силе P_2

$$P_2 = P\sin\alpha = \frac{mv^2\cos\alpha}{R}$$

$g = 9{,}81$ м/сек.^{2}; v в м/сек.;

$$P_2 = P\sin\alpha = \frac{P}{g}\cdot\frac{v^2}{R}\cos\alpha;$$

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{v^2}{Rg};$$

$$\frac{h}{a} = \frac{v^2}{Rg};$$

$$h = \frac{1{,}524\,v^2}{9{,}81\,R}\text{ м}$$

или, выражая скорость в км/час, h в мм, будем иметь

$$h = \frac{1{,}524}{9{,}81}\cdot\frac{1000^2}{3600^2}\cdot\frac{v^2}{R}\cdot 1000,$$

откуда $h = 12{,}0\,\frac{v^2}{R}$ мм; приняв a равным расстоянию между осями рельсов (для Виньоль Ia $a = 1594$), получим $h = 12{,}5\,\frac{v^2}{R}$ мм.

Задаваясь наибольшими скоростями в кривых, можно определить превышение.

Значительные превышения наружного рельса представляют затруднения и неудобства в условиях городских улиц, поэтому часто приходится, задаваясь превышением, определять наибольшие скорости прохода по кривым, исходя из того положения, что увеличение этих скоростей не может иметь особого значения для устройства пути.

В табл. 20 даны величины превышения наружного рельса в зависимости от радиуса и скорости.

Таблица 20

Превышение (в мм) наружного рельса в кривых в зависимости от радиуса кривой и скорости движения

Радиус R, м	Скорость, км/час					
	6	8	10	12	15	20
22	22,5	40,0	62,5	90,0	—	—
25	17,5	32,0	50,0	72,0	—	—
30	15,0	26,5	41,6	60,0	93,8	—
40	12,0	20,0	31,2	45,0	68,9	—
50	—	16,0	25,0	36,0	56,3	100,0
60	—	13,4	21,5	30,0	46,9	83,3
80	—	—	15,6	22,5	35,0	65,5
100	—	—	—	18,0	28,1	50,0

Принятые в настоящее время нормы превышения наружного рельса в кривых трамвайных путей, утвержденные правилами технической эксплоатации, следующие:

При R от 16 до 20 м h 50 мм,
» R » 20 » 50 » h 45 »
» R » 51 » 150 » h 40 »
» R » 151 » 500 » h 30 »
» R » 501 » 1000 » h 15 »

Увеличение превышения наружного рельса с уменьшением радиуса принято по аналогии с железнодорожными нормами.

На трамвайных путях в кривых скорости не могут быть большими, так как при переходе с одной улицы на другую, в месте слияния нескольких пассажирских и транспортных потоков трамвай не может развивать больших скоростей и по мере уменьшения радиуса скорость движения падает.

Кривые на трамвайных путях обыкновенно встречаются в сопряжении с узлами, и это обстоятельство также предопределяет небольшие скорости. Трамваи проходят узлы при скорости 5—10—15 км/час, не более.

Если рассматривать движение по кривым не на перекрестках и в узлах, а на остальной трассе, то можно с уверенностью сказать, что и там не будет использована та скорость, которую развивает вагон на прямых участках. Это нужно учесть при определении превышения наружного рельса в кривых.

С точки зрения безопасности движения по узлам, пересечениям и при переходе с одной улицы на другую нужно считать приемлемыми и нормальными: на тесных перекрестках с радиусами 20—30 м и на узлах — скорость 8—10 км/час; на широких площадях с кривыми радиуса 40—60 м — скорость 10—15 км/час.

Исходя из этих скоростей, нужно и определять необходимые превышения, учитывая, что излишнее превышение также вредно для путей, как и недостаточное.

На загородных линиях и на городских на обособленном полотне положение несколько иное.

Скорости в этом случае не ограничиваются так сильно посторонними влияниями, а потому может быть предусмотрено увеличение скоростей и превышения.

Превышение наружного рельса теоретически определяется формулой

$$h = 12{,}5\frac{v^2}{R} \text{ мм},$$

где: v — скорость в км/час,

R — радиус в м,

т. е. превышение прямо пропорционально квадрату скорости и обратно пропорционально радиусу кривой.

При заданном радиусе кривой можно определить превышение, задавшись скоростью v, или задавшись превышением, определить предельные скорости движения по кривой.

В условиях прокладки линий по городским улицам превышение ограничивается поперечным профилем полотна улицы; при невозможности точно соблюдать заданные скорости и при понижении скорости против той, для которой определено превышение, перегрузка внутреннего рельса принесет пути больше вреда, чем перегрузка наружного рельса при недостаточном превышении.

Исходя из этих соображений, превышение наружного рельса в кривых ограничивается 50 мм.

Нормы превышения для разных радиусов кривых в связи со скоростями, которые, примерно, имеют вагоны в кривых, даны в табл. 21.

Таблица 21

Радиус кривой R, м	20	25	30	40	50	60	80	100	200	500	1000
Скорость v, км/час . .	9	9,5	10	12	13,5	14	16	18	21	35	35
Превышение h, мм . . .	50	45	45	45	45	40	40	40	30	30	15

Наименьшее превышение наружного рельса в 10 мм для стока воды делается в кривых радиуса выше 1000 м и на прямых.

Превышение наружного рельса над внутренним нужно делать за счет одновременного поднятия внешней нитки и опускания внутренней нитки рельсов и только в тех случаях, когда по местным условиям это невозможно, делается подъемка внешнего рельса над внутренним.

Превышение разгоняют в пределах переходной кривой, а в случае ее отсутствия — на прилегающем к началу кривой

звене, и, в крайнем случае, на первой и последней четверти кривой.

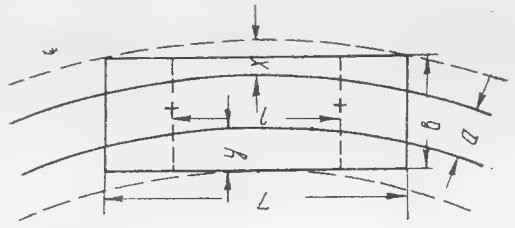
На путях на обособленном полотне, в особенности на вылетных линиях, где возможны большие скорости движения и превышение наружной нитки не связано с полотном проезжей части, при назначении превышения можно задаться скоростью.

В этом случае нужно пользоваться табл. 20, ограничив превышение 100 мм.

§ 72. Расстояние между осями путей

Расстояние между осями двух смежных путей равно ширине междупутья плюс ширина колеи.

Шириной междупутья двойного пути называется расстояние между рабочими канатами внутренних рельсовых ниток обоих путей, измеренное перпендикулярно оси линии.



Фиг. 125. Положение вагона на кривой.

Наименьшее расстояние между осями двух смежных путей на прямых участках равно ширине кузова трамвайного вагона (принимают в расчет новый вагон шириной 2550 или 2600 мм) плюс 600 мм (необходимое расстояние между кузовами вагонов).

Наименьшее расстояние между осями двух смежных путей в кривых участках зависит от радиуса кривой, габаритных размеров подвижного состава и базы вагона.

Чем меньше радиус кривой, тем расстояние между осями должно быть больше.

Расстояние между осями двух смежных путей на кривой определяется по формуле:

$$A = x + y + k + a \text{ мм},$$

где: x — наибольший вынос угла вагона наружу кривой,
y — наибольший свес кузова вагона внутрь кривой,
k — допускаемое расстояние между кузовами двух встречных вагонов,
a — ширина колеи на кривой (1532 мм).

Если форму вагона в плане принять прямоугольной, то величины выноса и свеса вагона (фиг. 125) определяются по формулам:

Наибольший вынос угла кузова вагона:

$$x = \frac{b-a}{2} + \frac{L^2}{8R} - \frac{l^2}{8R};$$

наибольший свес кузова вагона

$$y = \frac{b-a}{2} + \frac{l^2}{8R},$$

где: b — ширина кузова вагона в м,
a — ширина колеи в м,
l — база вагона в м,
L — длина вагона в м,
R — радиус кривой в м.

На практике вагон, особенно новейшей конструкции, обтекаемой формы, имеет в плане прямоугольник со скошенными углами, и критической точкой габарита кузова, дающей максимальный вынос вагона наружу для разных радиусов кривой, не обязательно будет точка крайнего угла вагона, а может оказаться и точка угла поворота кузова. В этом случае в выведенные формулы необходимо внести поправки.

Уширение междупутья для получения необходимого расстояния между осями пути в начале и конце кривой должно быть начато еще на прямом участке пути на расстоянии не менее $\frac{L-l}{2}$ от начала и конца кривой. Уширение достигается трассировкой кривых наружного и внутреннего путей одним и тем же радиусом из разных центров с обязательным применением для внутренней кривой переходной кривой, которая должна создать необходимое расстояние между кузовами вагонов в начале кривой.

Наименьшее расстояние между осями двух смежных путей на кривых участках нужно определять для габарита вагона наиболее невыгодного в отношении выноса и свеса. В частности, четырехосные вагоны имеют значительно больший вынос и свес, чем двухосные. Поэтому, при наличии на данном трамвайном предприятии или при проектировании в будущем четырехосных вагонов, расчет должен производиться на них.

Таблица 22

Наибольшие выносы четырехосного вагона нового проектируемого типа

Радиус кривой по внутренней нитке, м	Наибольший вынос вагона от наружной нитки внутренней кривой, мм	Наибольший свес вагона от внутренней нитки наружной кривой, мм	Сумма наибольшего выноса и свеса двух вагонов в сторону междупутья, мм	Разность между выносом и свесом вагона на кривой и прямой	
				с наружной стороны кривой, мм	с внутренней стороны кривой, мм
20	1083	878	1961	545	340
25	919	807	1726	381	269
30	800	763	1563	262	225
40	712	700	1412	174	162
50	676	664	1340	138	126
75	625	616	1241	87	78
100	599	592	1191	61	54

Габаритные размеры нового проектируемого четырехосного вагона значительно отличаются от действующих в настоящее время:

длина	вагона —	15 000 мм.
ширина	вагона —	2 600 „
база	вагона —	7 500 „

В табл. 22 приведены наибольшие выносы этого вагона в сторону междупутья при различных радиусах кривой.

§ 73. Трамвайные пути на мостах

Пути при строительстве трамвайных линий могут быть проложены по существующим городским мостам для безрельсового транспорта, или должны быть сооружены специальные мосты для трамвайного движения.

В первом случае, при проектировании линии существующий мост должен быть проверен на наиболее тяжелые трамвайные нагрузки.

В зависимости от результатов проверки, если отдельные элементы моста не выдерживают нагрузки, должен быть составлен проект усиления моста. Усиление может касаться всего моста или только пролетного его строения. На практике часто встречается необходимость усиления только пролетного строения, что осуществляется введением дополнительных балок под трамвайными путями без нарушения основной конструкции моста.

Специальные мосты для трамвая проектируют в соответствии с общими правилами и способами, как для железнодорожных или городских мостов. Материалом для них обычно служит железобетон или дерево; деревянные мосты строят для временных линий.

Конструкция путей на мостах в отношении ширины колеи, междупутья, повышения рельсовых ниток должна удовлетворять обычным требованиям, предъявляемым к трамвайным путям.

Во избежание ударов, производимых при проходе подвижного состава через стыки при несовершенстве их конструкции, концы рельсов, укладываемых на мостах, должны быть выпущены за устои не менее, чем на 2 м.

Конструкция путей на мостах зависит от конструкции самого моста. Некоторые особенности путевой конструкции на мостах предусмотрены техническими условиями.

Пути на деревянных мостах

1. Прикрепление рельсов к поперечинам на деревянных мостах должно производиться шурупами со специальными прижимными шайбами. Отверстия в поперечинах моста для шурупов должны просверливаться заранее; каждый рельс должен быть прикреплен к поперечине тремя шурупами — двумя снаружи колеи и одним внутри колеи.

2. Для поперечной связи обоих рельсов одного и того же пути должны быть установлены поперечные тяги на расстоянии 2 м друг от друга.

3. На специальных трамвайных мостах вдоль наружной стороны рельсов должны быть уложены охранные брусья.

4. Все стыки, за исключением стыков примыкания постоянной части моста к разводной, разводных частей между собою и стыков на постоянной части, расположенных в расстоянии 6—7 м от разводной части, должны быть сварены.

При проектировании организации работ возможно большее число стыков должно свариваться на стороне, чтобы не производить сварку на самом мосту.

5. На разводных частях (крыльях) деревянных мостов пути, как правило, должны укладываться из рельсов типа Феникс. Рельсы укладываются, в зависимости от конструкции моста, либо по поперечинам, либо по продольным прогонам и прикрепляются к ним шурупами.

6. На деревянных мостах в путях, также как и на проезжих частях, мостовое покрытие заменяется двойным дощатым настилом. Толщина досок берется для верхнего настила равной 60 мм и для нижнего — 80 мм.

При рельсах типа Виньоль рекомендуется укладывать вдоль рельса брус со скошенным краем для образования жолоба.

Пути на железобетонных, металлических и каменных мостах

7. Конструкция пролетного строения железобетонных и каменных мостов должна позволять, как правило, укладку трамвайных путей с нормальным верхним строением — из рельсов типа Феникс со сварными стыками на шпалах, высотой 15 см, и толщиной балластного слоя в 20 см. В случае невозможности получения необходимой высоты пролетного строения нормальная конструкция изменяется по специальному обоснованию и расчету.

8. Поперечные тяги на мостах должны ставиться через 2 м как при рельсах Феникс, так и при рельсах Виньоль.

9. Для компенсации температурных колебаний длинных сваренных рельсовых ниток на металлических мостах, в связи с температурными изменениями длины всего пролетного строения или его отдельных ферм, должны быть установлены уравнительные приборы.

Уравнительные приборы устанавливаются на каждой нитке рельсового пути на многопролетных мостах — в местах сопряжения отдельных ферм и на однопролетных мостах — на береговом устое.

§ 74. Нагрузка, передаваемая пути

Трамвайный путь воспринимает основную нагрузку от подвижного состава через колеса вагонов. Трамвайные вагоны бывают двухосные и четырехосные и нагрузка на рельсы от веса трамвайного вагона передается следовательно или через четыре, или через восемь колес.

Наиболее невыгодной оказывается нагрузка, передаваемая двухосным вагоном ввиду того, что расстояния между осями сравнительно незначительные.

Нагрузка на ось двухосного вагона современной конструкции вместе с максимальной загрузкой бывает от 9 до 13 т. Нагрузка на ось четырехосного вагона значительно меньше. Поэтому расчетная нагрузка принимается обычно в 13 т на заднюю ось моторного двухосного вагона и расстояние между осями (жесткая база вагона) в 3,6 м.

Влияние горизонтальных усилий, действующих на путь, не учитывается, так же как и влияние нагрузки, вызываемой автомобильным транспортом.

§ 75. Основные принципы расчета трамвайных путей

Расчет трамвайного пути заключается в определении напряжений отдельных элементов его: рельсов, балласта и грунта.

Дать математическое выражение всех сил, действующих на путь, и вывести формулу, точно учитывающую их влияние на каждый элемент пути, очень трудно.

Поэтому при расчете трамвайных путей, так же как и железнодорожных, делают ряд допущений:

а) рельс рассматривают как балку бесконечной длины, лежащую на однородном упругом основании;

б) учитывают только вертикальные силы, действующие на рельсы: давление колес;

в) расчет ведут на статическую нагрузку.

Динамическую нагрузку учитывают введением эмпирического коэфициента в конечный результат.

Горизонтальные силы учитывают уменьшением наибольших расчетных допускаемых напряжений.

Эти допущения позволяют вести расчет по формулам теории упругости.

Модуль упругости основания, входящий в расчетные формулы, определяется опытным путем; для расчета железнодорожных путей он получен из многочисленных опытов и исследований.

Вследствие разнообразия грунтов и их гидрогеологических условий определение модуля основания представляет собой сложнейшую задачу. Модули, которыми в настоящее время пользуются при расчетах, нельзя считать ни окончательными, ни достаточно точными.

Дальнейшие наблюдения в этой области внесут исправления и уточнения в формулы, а в настоящее время, в порядке приближения к более точному расчету, приходится при расчете трамвайных путей пользоваться основными данными железнодорожных опытов.

§ 76. Определение напряжений в элементах пути

Статический расчет элементов трамвайного пути производится по следующим полуэмпирическим формулам:

1.) Напряжение рельса.

$$\sigma_p = \frac{M}{W},$$

$$M = \frac{P}{4K},$$

где: P — нагрузка на рельс (от колеса),

K — коэфициент относительной жесткости основания и рельса в $см^{-1}$, выражается формулой

$$K = \sqrt[4]{\frac{U}{4EJ}}.$$

В этой формуле:

$E = 2{,}1 \cdot 10^6$ — модуль упругости рельсовой стали.

J — момент инерции рельса,

U — модуль упругости основания.

Значение U определяется опытами и зависит, кроме характера грунта и балласта, от типа и размеров шпалы, от расстояния между осями шпал в пути

$$U = \frac{D}{l},$$

где

$$D = \alpha \frac{ab}{2} C,$$

l — расстояние между шпалами в см;

α — коэфициент, характеризующий изгиб шпалы под нагрузкой, вследствие чего площадь передачи давления от шпалы на балласт уменьшается;

$\frac{ab}{2}$ — площадь нижней постели полушпалы (a — ширина, b — длина шпалы);

C — коэфициент постели шпалы в $кг/см^3$.

Коэфициент α определяется теоретически по формуле Циммермана в предположении однородной упругости основания под шпалой, или опытным путем.

C представляет для данного рода балласта упругую постоянную, числовое значение которой равно такому давлению на единицу поверхности нижней постели шпалы, от которого шпала упруго оседает в балласт на единицу длины.

Значение коэфициента C точно не установлено.

По новейшему способу расчета железнодорожных путей C принимают:

для балласта из щебня и гравия 1 сорта — 6 $кг/см^3$,

для балласта из гравия 2 сорта и песка — 4 $кг/см^3$.

При расчете трамвайных путей нужно несколько изменить значения C, учитывая специфические условия устройства и работы путей (затруднительность отвода воды от основания путей, наблюдения за состоянием оснований замощенных путей и профилакти-

ческого ремонта, а также облегченные, по сравнению с железнодорожными, правила и нормы содержания трамвайных путей).

По этим соображениям можно принимать:

$C = 3$ при средних условиях устройства трамвайных путей на крупнопесчаном балласте;

$C = 2{,}5$ при балласте из среднего песка и неблагоприятных условий грунта;

$C = 4$ при хорошем дренаже и при балласте из щебня хорошего качества;

$C = 6$ для путей на самостоятельном полотне с балластом из щебня хорошего качества.

Коэфициент изгиба шпалы α рекомендуется принимать равным для шпал типов III и IV:

при $C = 4$ $\quad \alpha = 0{,}75$,
при $C = 3$ $\quad \alpha = 0{,}80$,
при $C = 2{,}5$ $\quad \alpha = 0{,}85$.

Эти цифры несколько ниже теоретических, полученных по формуле Циммермана.

По этим данным можно определить D, U и K для всех возможных случаев C, типа и числа шпал на 1 км пути, типа рельсов и размеров его износа.

2. Напряжение шпалы под подошвой рельса (или под подкладкой) определяется по формуле:

$$\sigma_ш = \frac{Q}{\omega}, \text{ где: } Q = \frac{KIP}{2}.$$

ω — площадь передачи давления на шпалу.

3. Среднее давление на кв. сантиметр под шпалой определяется по формуле

$$\sigma_б = \frac{Q}{2\frac{ab}{2}} = \frac{KIP}{2ab}.$$

4. Наибольшее давление на кв. сантиметр грунта земляного полотна определяется по формулам:

при $h \leqslant l_0$ $\quad \sigma_{гр} = \dfrac{2\sigma_б}{1 - \dfrac{h^2}{al_0}}$;

при $l_0 \leqslant h \leqslant l$ $\quad \sigma_{гр} = \sigma_б \dfrac{a + l - h}{l}$;

при $h > l$ $\quad \sigma_{гр} = \dfrac{a}{l}\sigma_б = \text{const}$.

В этих формулах:

$\sigma_{гр}$ — давление на грунт, кг/см²,

h — толщина слоя балласта, см,

a — ширина шпалы, см,

$l_0 = l - a$ — расстояние между шпалами в свету, см.

5. Влияние динамической нагрузки.

Для определения напряжения в рельсе, шпале и в балласте от динамической нагрузки применяют американскую эмпирическую

формулу, которая для трамвайной нагрузки принимает следующий вид:

$$\sigma_{д.р.} = \frac{1}{4\,WK}\left(P + 0{,}02\,l\,\gamma\,\frac{\sqrt{P_k P_p}}{D_p}\,v\right);$$

$$\sigma_{д.ш.} = \frac{Kl}{2\,\omega}\left(P + 0{,}02\,l\,\gamma\,\frac{\sqrt{P_k P_p}}{D_p}\,v\right);$$

$$\sigma_{д.б.} = \frac{Kl}{\alpha\,ab}\left(P + 0{,}02\,l\,\gamma\,\frac{\sqrt{P_k P_p}}{D_p}\,v\right),$$

т. е. к напряжению от статической нагрузки прибавляется напряжение от фиктивной нагрузки $0{,}02\,l\,\gamma\,\frac{\sqrt{P_k P_p}}{D_p}\,v$,

где: l — расстояние между шпалами, см,

γ — коэфициент, зависящий от материала балласта, принимаемый равным:

1,0 — для щебня,

1,2 — для крупного песка,

1,5 — для среднего песка,

v — скорость движения, км/час;

P_k — неподрессоренный вес расчетного колеса в кг, который можно принять равным 1000 кг;

P_p — вес расчетного колеса, принимая во внимание влияние рессор;

D_p — диаметр расчетного колеса: 680—760 мм.

Иногда влияние динамической нагрузки учитывают введением коэфициента n, равного от 1,3 до 1,5.

Влияние динамической нагрузки на грунт учитывается в размере 10% статической нагрузки.

6. Влияние горизонтальных сил.

Кроме вертикальной силы P, на рельсы действуют горизонтальные силы, силы от продольной качки вагона и другие.

Эти силы учитывают приближенно в размере 25% основных сил и вследствие этого наибольшее расчетное допускаемое напряжение в рельсе уменьшается на 25%.

§ 77. Температурные напряжения в рельсах

Трамвайные пути, в отличие от железнодорожных, укладывают без зазоров в стыках и сваривают в большие плети, поэтому в рельсах появляются дополнительные напряжения от удлинения при изменении температуры.

Влияние изменения температуры выражается увеличением напряжения в рельсе на величину

$$\sigma_t = E \cdot \alpha_1 \cdot t \cdot m,$$

где: E — модуль упругости рельсовой стали, равный 2×10^6 кг/см^2;

α_1 — коэфициент удлинения рельсовой стали, равный 0,0000118;

t — разность температур рельса максимальной и в момент укладки;

m — коэфициент, учитывающий возможность удлинения рельса, поглощающий внутренние напряжения в рельсе.

Формула после подстановки числовых значений входящих в нее величин примет вид:

$$\sigma_t = 2 \times 10^6 \times 0{,}0000118 \; tm = 25 \; tm.$$

Получаемые напряжения в рельсе должны быть увеличены на эту величину.

§ 78. Допускаемые напряжения

Полученные в результате расчета величины напряжения на отдельные элементы пути должны быть сравнены с допускаемыми напряжениями:

1. Допускаемые давления на земляное полотно не должны превышать величин, указанных в табл. 13.

2. Нормальные средние давления на поверхность балласта не должны превышать:

на щебень	 6	кг/см²
» гравий	 4	»
» крупный песок	 2,6	»
» средний песок	 2	»
» мелкой, легко размываемый песок	 1,2	»

3. Допускаемые давления на шпалу не должны превышать:

на дубовую шпалу	 60	кг/см²
» сосновую »	 30	»
» еловую »	 25	»

4. Допускаемые напряжения в рельсах с учетом действия горизонтальных сил не должны превышать:

а) для новых рельсов на магистральных путях

$$R = 2400 \text{ кг/см}^2;$$

б) для новых рельсов в путях с малой эксплоатационной скоростью, в парковых путях и для рельсов, бывших в деле, при необходимости интенсификации работы пути на 15% выше — 2760 кг/см²;

в) для рельсов, бывших в деле, на второстепенных запасных, грузовых путях, а также в исключительных случаях при необходимости пропуска более тяжелой нагрузки ограниченное число раз — 3000 кг/см².

Временные перенапряжения в грунте, балласте и в шпале в исключительных случаях могут допускаться в небольших пределах с тем, чтобы в дальнейшем были приняты меры для нормальной работы пути. Перенапряжения в рельсах не допускаются.

§ 79. Пример расчета пути на шпально-щебеночном основании

Данные для расчета:

Нагрузка на ось двухосного вагона 12,6 т или на колесо — $P = 6300$ кг.

Рельсы Феникс объединенного типа,
высотой 180 мм, для прямых $W = 345$ см³; $J = 3228$ см⁴.

Расстояние между осями шпал $l = 63$ см.

Динамический коэфициент $n = 1{,}3$.

Площадь подкладки $\omega = 27 \times 15 = 405$ см².

Коэфициент изгиба шпалы IV *Б* $a = 0{,}80$.

Длина шпалы $b = 270$ см.

Ширина опорной площади шпалы IVБ $a = 23$ см.

Расстояние между шпалами в свету $l_0 = l - a = 40$ см.

Толщина слоя балласта под основанием шпалы $h = 30$ см.

Модуль упругости основания $U = 110$.

Модуль упругости рельсовой стали $E = 2 \cdot 10^6$ кг/см².

Коэфициент относительной жесткости $K = \sqrt[4]{\frac{U}{4EJ}} =$
$= 0{,}0081$ см$^{-1}$.

Разница в температуре рельса максимальной и в момент укладки принимается для средней полосы $t = 25°$.

Коэфициент влияния удлинения на температурные напряжения $m = 0{,}75$.

1. Напряжение в рельсах от изгиба:

а) при статической нагрузке:

$$\sigma_p = \frac{P}{4WK} = \frac{6200}{4 \cdot 345 \cdot 0{,}0081} = 563 \text{ кг/см}^2;$$

б) при динамической нагрузке:

$$\sigma_{д.р.} = n\sigma_p = 1{,}3 \cdot 563 = 732 \text{ кг/см}^2.$$

2. Давление рельса на шпалу:

а) при статической нагрузке:

$$Q = 0{,}5\ PIK = 0{,}5 \cdot 6300 \cdot 63 \cdot 0{,}0081 = 1605 \text{ кг};$$

б) при динамической нагрузке:

$$Q_д = nQ = 1{,}3 \cdot 1605 = 2090 \text{ кг}.$$

3. Давление на 1 см² поверхности шпалы:

а) при статической нагрузке:

$$\sigma_ш = \frac{Q}{\omega} = \frac{1605}{405} = 4 \text{ кг/см}^2;$$

б) при динамической нагрузке:

$$\sigma_{д.ш.} = \frac{Q_д}{\omega} = \frac{2090}{405} = 5 \text{ кг/см}^2.$$

4. Давление на 1 см² поверхности балласта под шпалой:

а) при статической нагрузке:

$$\sigma_б = \frac{Q}{\frac{ab}{2}} = \frac{1605}{0{,}80 \frac{270 + 23}{2}} = 0{,}65 \text{ кг/см}^2;$$

б) при динамической нагрузке:

$$\sigma_{д.б.} = n\sigma_б = 1{,}3 \cdot 0{,}65 = 0{,}85 \text{ кг/см}^2.$$

5. Давление на 1 см² земляного полотна:

а) при статической нагрузке:

если $h = 30 > l_0 = 40$ см:

$$\sigma_{гр} = \frac{2\sigma_б}{1 + \frac{h^2}{al_0}} = \frac{2 \cdot 0{,}65}{1 + \frac{30^2}{23 \cdot 40}} = 0{,}7 \text{ кг/см}^2;$$

б) при динамической нагрузке:

$$\sigma_{в.гр.} = \sigma_{гр.} 1{,}1 = 0{,}7 \cdot 1{,}1 = 0{,}77 \text{ кг/см}^2.$$

6. Увеличение напряжения в рельсах от влияния температуры:

$$\sigma = \Sigma tm = 25 \cdot 25 \cdot 0{,}75 = 468 \text{ кг/см}^2.$$

и общее напряжение в рельсах выражается величиной

$$\sigma_{д.р.} = 732 + 468 = 1200 \text{ кг/см}^2.$$

Результаты расчета показывают, что полученные величины напряжений далеки от допускаемых, что вполне естественно, так как мощность рельса Феникс не оправдывается расчетами, а обусловлена износом, укладкой в замощенных проездах и другими причинами. Поэтому как точность расчета, так и сам расчет для трамвайных путей не может иметь решающего значения; более важны данные практики. Однако, расчет выясняет влияние действующих усилий и значение размеров отдельных частей путевых конструкций.

ГЛАВА V

УСТРОЙСТВО СПЕЦИАЛЬНЫХ ЧАСТЕЙ

§ 80. Назначение и классификация специальных частей

Трамвайная сеть города состоит из отдельных линий, имеющих прямые и кривые участки пути. Отдельные линии соединяются или пересекаются, образуя трамвайные узлы различной конфигурации. В трамваях с сильно развитой сетью стоимость узлов составляет 25—30% общей стоимости путей, поэтому вопрос разработки и выбора рациональных конструкций узловых устройств имеет большое значение.

Трамвайные узлы состоят из комбинаций специальных частей стрелочных переводов и пересечений, соединенных прямыми и кривыми участками пути.

Устройство прямых и кривых участков путей в узлах не отличается от укладки их в других местах. Конструкция их должна удовлетворять требованиям глав III и IV. Особенность конструкции пути в узлах состоит в укладке стрелочных переводов и пересечений.

Стрелочный перевод служит для соединения двух путей, сходящихся в один, или для разветвления одного пути на два направления.

Глухое пересечение служит для пересечения двух путей без взаимного их соединения.

Стрелочный перевод состоит из стрелки, крестовины и комплектных (соединительных) кусков рельсов.

Требования, предъявляемые к стрелочному переводу, следующие:

1. Стрелка должна удовлетворять возможности плавно, без толчков и ударов, пропускать трамвайные поезда по двум направлениям (по направлению прямого пути и на ответвление) в зависимости от установки пера стрелки (противошерстное движение) и при обратном (пошерстном) движении должна беспрепятственно пропускать трамвайные поезда при любом положении отдельных частей стрелки.

2. Устройство частей стрелки должно создавать условия легкого и надежного перевода стрелочного пера, плавности хода подвижного состава и безопасности движения.

3. Механизмы стрелки должны быть предохранены от попадания в них воды, для чего должно быть предусмотрено устройство водоотвода.

4. Крестовины и пересечения должны быть так сконструированы, чтобы трамвайные поезда двигались плавно, без толчков и ударов, в месте пересечения рельсовых ниток.

Классификация стрелочных переводов и пересечений:

1. Стрелочные переводы и пересечения подразделяются на: а) железнодорожные, б) трамвайные, в) для совмещенного движения — для пропуска трамвайных и железнодорожных товарных вагонов.

2. В зависимости от типа рельсов стрелочные переводы и пересечения разделяются на: а) переводы и пересечения типа Феникс, б) переводы и пересечения типа Виньоль.

3. В зависимости от способа изготовления стрелочные переводы и крестовины разделяются на: а) литые, б) сборные, г) сварные.

Типы и конструкции стрелок и крестовин.

Соединение путей трамвая может осуществляться при помощи трех типов стрелочных переводов: 1) нормальных железнодорожных, 2) трамвайных и 3) стрелочных переводов для совмещенного движения.

Трамвайные и совмещенные переводы укладываются на открытом полотне и в замощенных путях, стрелочные же переводы железнодорожного типа — только в незамощенных путях.

§ 81. Специальные части железнодорожного типа

Простейшая железнодорожная стрелка — тупая безостряковая (фиг. 126) — состоит из двух вращающихся вокруг точек A_1 и A_2 рельсов в стрелке и одного вращающегося вокруг точки B рельса в крестовине. Стрелка дает возможность направить вагон по прямой или на ответвление.

Фиг. 126. Тупая безостряковая стрелка.

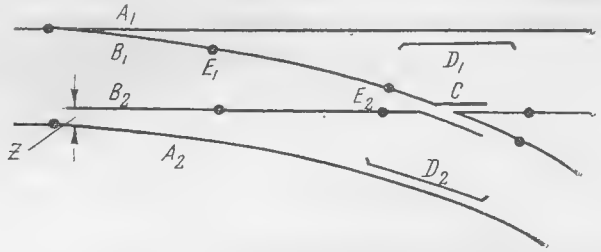
Ввиду того, что эта стрелка не гарантирует безопасности пошерстного движения, в настоящее время применяется система стрелок с двумя перемещающимися остряками (перьями), которые и служат для направления движения на тот или иной путь. Схема железнодорожного стрелочного перевода с подвижными остряками показана на фиг. 127.

В рамные рельсы A_1 и A_2 упираются прижатые остряки, поддерживающие колеса на том отрезке пути, на котором толщина остряка недостаточна для несения нагрузки от колес.

Подвижные остряки B_1 и B_2 соединяются с крестовиной C, состоящей из сердечника и двух усовиков, при помощи переводной кривой и прямого соединительного рельса. Переводная кривая $E_1 — E_2$ начинается по внешнему рельсу от остряка и кончается у крестовины. Против крестовины с обеих сторон на наружных рельсах устанавливаются контррельсы D_1 и D_2.

Остряки обычно устраивают прямые. Однако, чтобы уменьшить угол, под которым колесный скат встречает остряк, применяют иногда остряки криволинейного очертания, позволяющие этот угол постепенно увеличить.

Таким образом, стрелки с криволинейными остряками имеют при больших скоростях некоторое преимущество. Но в случае их применения должны быть изготовлены отдельно правые и левые остряки: поэтому большого распространения криволинейные остряки не получили.



Фиг. 127. Схема железнодорожного стрелочного перевода правого направления.

Остряки применяются той же высоты, как и рамные рельсы или меньшей высоты из рельса специального профиля, причем последние применяются чаще, так как в этом случае есть возможность уменьшить острожку подошвы. При изготовлении остряка головку рельсаострагивают на некотором протяжении по особому профилю по ширине и по высоте. Конец остряка, называемый острием, устраивается таким образом, что в прижатом к рамному рельсу состоянии подходит под головку его и только на некотором расстоянии от начала стрелки, где толщина его равна 5 мм, перо начинает воспринимать боковое давление колеса — направлять вагон.

Оба рамные рельса и остряки скрепляются обычно у острия и у корня остряка сплошными полосами.

На том протяжении, где головка остряка не касается рамного рельса, остряк опирается на упорные болты, передающие горизонтальные усилия на рамный рельс.

Корневое крепление остряка разнообразно. Наиболее часто применяется следующая конструкция: пята остряка особыми лапками крепится на подушке, шкворень которой входит в отверстие металлической плиты, поддерживающей пяту, и удерживается в нем при помощи гайки.

Для одновременного передвижения обоих перьев остряки связаны у острия тягой, помещающейся между переводными брусьями. К этой тяге прикреплена переводная тяга, соединенная с переводным станком.

В железнодорожном стрелочном переводе направляющей движения служит, как и на кривых, головка наружного рельса и наружный остряк стрелки (см. фиг. 127). Стрелка состоит из рам-

ных рельсов A_1 и A_2 и подвижных остряков B_1 и B_2, соединенных в неизменном положении. Рамные рельсы служат продолжением наружного прямого рельса и внутреннего кривого рельса. На схеме указано положение стрелки направо — на ответвление. В этом случае внутренним рельсом кривой служит внутренний рамный рельс, а наружным — наружное перо (остряк) стрелки, которое и будет направляющим движение по кривой.

Для пропуска движения по прямому направлению остряки нужно перевести направо и прижать внутренний остряк к кривому рамному рельсу, тогда наружный остряк отойдет от наружного рамного рельса и непрерывным продолжением наружного прямого рельса будет служить наружный рамный рельс, а продолжением внутреннего рельса — внутренний прямой остряк стрелки.

В месте пересечения рельсов, где непрерывность их нарушается необходимостью пропустить реборды бандажей вагонов, укладывают крестовину C, а возможные боковые перемещения колес вагонов в горизонтальной плоскости ограждают контррельсами D_1 и D_2.

Крестовина, которая служит составной частью простого стрелочного перевода, состоит из сердечника и двух усовых рельсов (усовиков).

Крестовины могут быть:

а) сборные из обыкновенных рельсов,

б) цельнолитые, у которых сердечник и усовики представляют собой единую отливку,

в) сборные из литого сердечника с усовиками из прокатных рельсов.

Сборные крестовины изготовляют из обыкновенных прокатных рельсов, соединенных фасонными вкладышами и болтами.

Недостаток крестовин, состоящих из обыкновенных рельсов, — их недолговечность вследствие износа и нарушения плотности соединений.

Срок службы сборных крестовин с литым сердечником больше, но лучшие результаты дают цельнолитые крестовины из марганцевистой стали.

Крестовины классифицируют по величинам тангенса их угла. Эта величина называется маркой крестовины. Наиболее употребительны крестовины марки 1 : 9, имеющие угол 6°20′25″, и 1 : 11 с углом 5°11′40″. Радиус переводной кривой колеблется от 150 до 300 м.

§ 82. Специальные части трамвайного типа

Основное отличие работы трамвайной стрелки от железнодорожной заключается в том, что у железнодорожной стрелки работают рамный рельс и остряк, у трамвайной же стрелки работают оба пера.

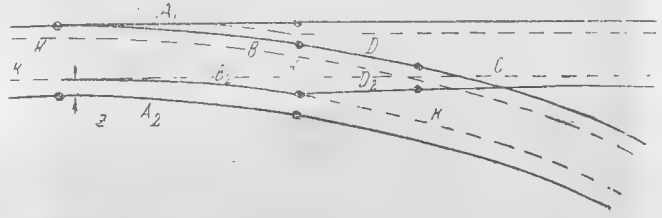
Кроме того, ввиду необходимости применения на трамвайных узлах кривых малых радиусов трамвайные стрелки делают исключительно с кривыми перьями, а так как трамвайная стрелка слу-

жит как бы продолжением желобчатых рельсов, то жолоб сохраняется, и перо не может быть отодвинуто так далеко, как в железнодорожной стрелке.

Стрелочный перевод трамвайного типа состоит из двух стрелок (наружной и внутренней), крестовины и комплектных (соединительных) кусков.

Стрелки могут быть литые, сборные и сварные. Кроме того, в зависимости от конструкции пера различают стрелки с подвижными и глухими перьями. Последний вид стрелок называется глухим. По типу рельсов стрелки делятся на стрелки типа Феникс и Виньоль.

Начало стрелки имеет форму нормального рельса; в пяте стрелка заканчивается двумя такими же профилями, что позволяет устраивать стыковые соединения при помощи нормальных накладок.



Фиг. 128. Схема трамвайного стрелочного перевода.

Вагон направляется на тот или иной путь пером стрелки, которое прижимается или к основному рельсу, или к контррельсу. Перья обоих стрелочных остряков соединяются поперечной тягой и прижимаются соответственно к рамным рельсам, основному или контррельсу.

В отличие от железнодорожных стрелочных переводов, которые могут быть уложены только в открытых, незамощенных путях, трамвайные стрелочные переводы допускают замощение путей. Это достигается размещением пера стрелки между двумя рамными рельсами, в отличие от железнодорожных стрелок, в которых перья или остряки располагаются свободно.

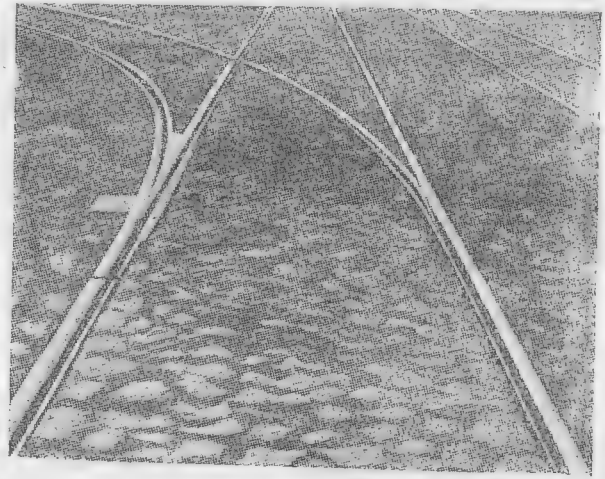
В трамвайных стрелках направляющей движения должна служить губка рельса Феникс или контррельс внутреннего рельса. На фиг. 128 показана схема трамвайного стрелочного перевода правого направления. Стрелка состоит из рамных рельсов A_1 и A_2, подвижных перьев B_1 и B_2, соединенных в неизменном положении, крестовины C, соединенной со стрелкой комплектным (соединительным) куском, и контррельсов K. На схеме указано положение стрелки на кривую.

В этом случае работают: внутреннее перо стрелки, которое служит контррельсом внутреннего рельса и следовательно направляет движение, а наружное перо стрелки, как головка наружного рельса; работают одновременно оба пера стрелки, чего в железнодорожных стрелках не бывает.

При необходимости пропуска движения по прямому направлению перья стрелки переводят направо и внутреннее перо прижимается к кривому рамному рельсу, служа продолжением рабочего канта основного внутреннего прямого рельса, а наружное перо — к контррельсу наружного остряка стрелки, служа его продолжением.

Требования, которые предъявляются к трамвайным стрелкам, несколько отличаются от требований, предъявляемых к железнодорожным стрелкам.

В железнодорожных стрелках в то время как один (работающий) остряк прижимается плотно к рамному рельсу, другой остряк



Фиг 129. Общий вид глухой стрелки левого направления.

должен быть отведен от рамного рельса на такое расстояние (см. фиг. 127), называемое шагом стрелки, чтобы удар бандажа в отведенное перо был невозможен.

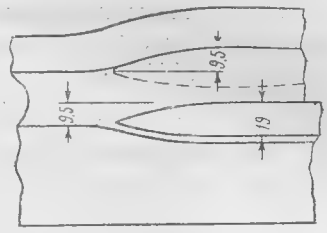
В трамвайных же стрелках шаг стрелки Z (фиг. 128) находится в зависимости от величины жолоба рельсов и ограничен по величине его шириной. То же относится и к корню (пяте) пера — месту вращения пера, где в железнодорожных стрелках расстояние между рамным рельсом и пятой пера должно предохранить неработающее перо от удара бандажем вагона, в трамвайных стрелках оно также ограничивается шириной жолоба рельса.

Кроме того, конструкция трамвайных стрелок должна допускать замощение путей и проезд по стрелкам экипажей безрельсового транспорта.

Небольшие скорости на трамвайных путях позволяют применять иногда глухие стрелки (фиг. 129). Глухая стрелка устраивается в однопером стрелочном переводе. Внутренний стрелочный остряк в этом переводе имеет обычное подвижное перо, а внешний стрелочный остряк — глухое неподвижное перо.

Глухие стрелки делают езду вагонов менее спокойной и применяются, главным образом, на сходных стрелках.

К достоинствам одноперых стрелок можно отнести простоту их конструкции, сравнительно малую стоимость, облегчение очистки и содержания и более легкую регулировку стрелочного механизма. К недостаткам же, кроме неизбежных толчков и менее спокойного движения вагонов, можно отнести также меньшую гарантию безопасности движения, так как направляет движение только одно перо, которое вызывает большие прогибы подвижного пера.



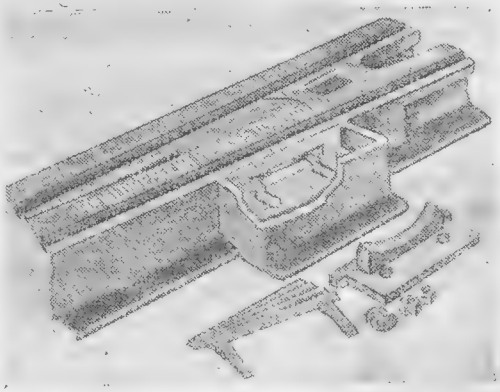
Фиг. 130. Положение начала пера стрелки

Подвижное перо вначале должно иметь толщину 18—19 мм, достаточную для того, чтобы выдержать соответствующую нагрузку, при этом, во избежание ударов реборды, его затачивают на конус. С этой же целью рамный рельс и контррельс на некотором протяжении имеют высадки, в которые начало пера заходит на половину своей ширины (фиг. 130).

Несмотря на это, плавный, без ударов, проход подвижного состава по стрелкам такой конструкции полностью невозможен. Это вызывает необходимость большого ограничения скорости движения вагонов по специальным частям.

Если перо имело бы меньшую начальную толщину, можно было бы допустить движение с большей скоростью.

Стрелки с подобного рода перьями (тонкоперые) имели применение на путях трамвая, но вследствие своей недостаточной прочности вышли из употребления.


Фиг. 131. Крепление пера при помощи корневой закладки.

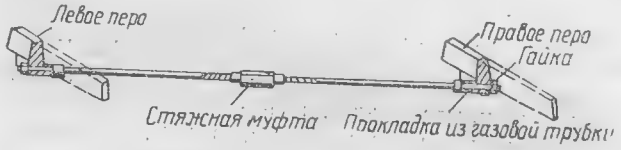
В поперечном сечении перо стрелки обычно имеет трапецоидальную форму. Иногда для усиления острия начало пера имеет тавровое или уголковое сечение, которое затем переходит в трапецоидальное.

Наиболее надежной конструкцией корневого крепления пера в настоящее время признается крепление при помощи корневой закладки (фиг. 131). Пята пера обрабатывается на конус. В теле стрелки имеется кольцевой конусный паз, в который входит пята пера. Сбоку пята зажимается корневой закладкой, у которой поверх-

ность сопряжения с пятой соответственным образом обработана. Корневая закладка (колодка) крепится к корпусу стрелки двумя болтами; концевая пята крепко зажата в конусном пазу, причем зажатие может регулироваться при помощи прокладок, находящихся между вертикальной стенкой корневой закладки и корпусом стрелки. Добавлением или уменьшением количества прокладок регулируется местоположение пяты пера.

Прочие виды корневого крепления, как например, штыревое и сферодисковое, менее надежны и применяются иногда только в сборных стрелках.

В последнее время за границей получили распространение стрелки с пружинными перьями, не имеющими корневого крепления. Они изготовляются из специальной пружинящей стали, и перо служит продолжением основных рельсов.



Фиг. 132. Английская стрелочная тяга.

Оба подвижных пера соединяются переводной тягой. Тяга состоит из двух раздельных половин, концы которых ввинчены в регулирующую муфту.

Нарезка муфты и тяги (правая и левая) устроены таким образом, что при вращении муфты перья будут соответственно сближаться или расходиться до тех пор, пока не получится плотного прилегания каждого пера к рамному рельсу или контррельсу.

Стрелочная тяга заключена в коробку с крышкой, которые предохраняют ее от повреждений и загрязнений. Коробка в нижней своей части имеет отверстие для присоединения ее к водостоку.

Тяга описанной конструкции (фиг. 132), получившая название английской, наиболее надежна и целесообразна.

Все прочие виды тяг, имеющихся в настоящее время, как например, с вилками, с регулировочными болтами или гайками на концах тяги, — это либо подражание описанной конструкции, либо неудовлетворительные в эксплоатации.

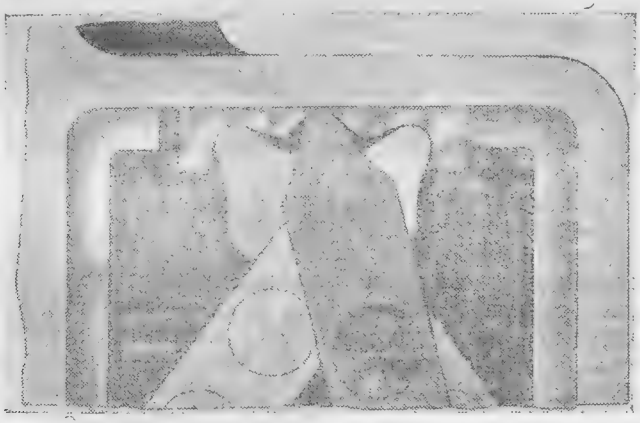
Каждое подвижное перо стрелки через посредство короткой тяги (поводка) соединяется с замыкателем, назначение которого создать плотное прилегание пера к рельсу или контррельсу.

Наиболее удовлетворителен по конструкции пружинный замыкатель системы Гадфильд. Замыкатель состоит из двух рычагов, соединенных шарниром. На один рычаг надета пружина, фиксирующая положение пера, второй присоединен к тяге при помощи поводка. Свободные концы рычагов упираются в гнезда, находящиеся на стенках коробки замыкателя. Замыкатель может быть установлен в трех положениях (фиг. 133).

Перо в зависимости от установки может быть постоянно прижато к рельсу или к контррельсу, или же свободно переводиться на прямое направление и на ответвление.

Этот замыкатель при постановке упора в среднее гнездо после перевода стрелки прижимает перо в правом или в левом направлении, не позволяя перу стрелки становиться в разрез. При установке упора в одно из крайних гнезд замыкатель отжимает перо все время или к рамному рельсу, или к контррельсу, стрелка может быть постоянно направлена вправо или влево.

Замыкатели помещаются с наружной стороны каждого остряка в малых стрелочных коробках с крышками, которые или состав-



Фиг. 133. Установка пружинного замыкателя системы Гадфильд.

ляют с телом стрелочного остряка одно целое (как в некоторых типах литых стрелок) или прибалчиваются к стрелочному остряку.

Имеются и другие, но менее совершенные типы замыкателей.

§ 83. Литые стрелки

Литые стрелки (фиг. 134) изготовляются из марганцовистой стали, содержащей:

марганца	от 10,0 до 15,5%
углерода	от 0,8 до 1,5%
фосфора	не более 0,05%
серы	не более 0,03%
кремния	от 0,3 до 0,75%

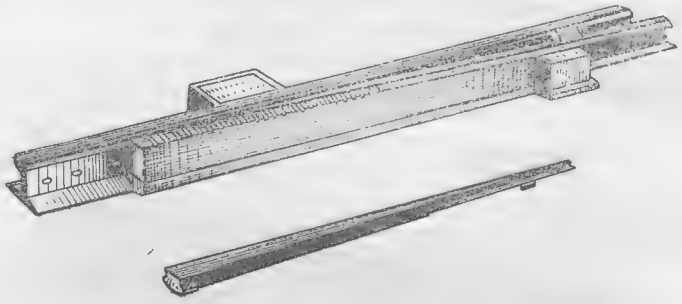
Такая сталь обладает временным сопротивлением не менее 100 кг/мм², относительным удлинением около 40% и твердостью по Бринеллю не ниже 210.

Каждая стрелка состоит из двух самостоятельных отливок, причем стрелки бывают с подвижными или глухими перьями. Каждая отливка стрелки с подвижным пером состоит из отливки коробочного сечения и пера.

До революции литые стрелки и крестовины ввозились из-за границы, главным образом, из Англии.

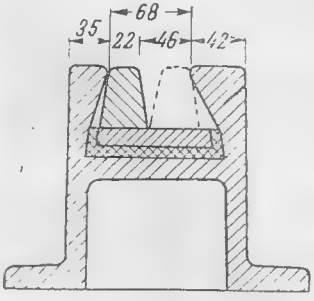
В настоящее время литые стрелки и крестовины изготовляются отечественными заводами.

Перья литых стрелок изготовляются трапецоидального сечения, но применялись стрелки и Т-образного сечения. Недостаток Т-об-



Фиг. 134. Общий вид литой стрелки.

разного сечения пера тот, что в скошенных углублениях рельса и контррельса скопляется грязь, которую трудно вычистить. Поэтому в настоящее время употребляется главным образом стрелка с трапецоидальным сечением пера. Для предохранения стрелочного пера от прогиба, вызываемого горизонтальным давлением подвижного состава, устанавливают сухари (упоры), поддерживающие перо стрелки.



Фиг. 135. Поперечный разрез литой стрелки.

Поперечный разрез литой стрелки с трапецоидальным сечением пера показан на фиг. 135. В начале стрелки и в раструбе сечение стрелки соответствует нормальному рельсу.

Крепление пера стрелки осуществляется корневой закладкой (см. фиг. 131). Пята пера в этом случае отделана на конус и входит в соответствующее углубление в рамных рельсах.

Замыкатели в литых стрелках применяются типа Гадфильд.

В некоторых конструкциях литых стрелок подошва пера укладывается непосредственно на обработанную отливку, но так как обработка марганцевистой стали очень трудна, то на ней на слое цинка (см. фиг. 135) укладывается сначала доска, отлитая из обыкновенной стали, на которой и лежит подошва пера. Эта конструкция имеет еще и то преимущество, что в случае износа можно сменить только одну доску.

Стрелочный остряк, как указывалось, имеет в средней своей части специальную коробчатую форму. Он состоит как-бы из двух

частей, соединенных горизонтальной полкой, на которой располагается перо стрелки. Верхняя часть представляет собой раздвинутые головку и губку рельса, между которыми помещается перо стрелки. В начале стрелки (со стороны острия пера) отливка имеет форму рельса Феникс. Такую же форму отливка имеет и в конце стрелки (со стороны пяты пера), где отливка, имеющая форму двух рельсов Феникс, раздвинута на такое расстояние, что они могут быть соединены с прилегающими рельсами и комплектными кусками обыкновенными накладками. Рельс Феникс обычно берут того профиля, который предназначен для кривых — с уширенной и повышенной губками, но по прямому направлению в раструбе можно применять и профиль для прямых.

Глухая стрелка представляет собой цельную стальную отливку с очерченным по определенной эпюре неподвижным пером и повышенным жолобом.

Повышение (накат) жолоба делается таким, что на расстоянии 500 мм от острия пера жолоб имеет глубину 16 мм в обе стороны. Перо у острия сходит на-нет на протяжении 60 мм, а дальше на расстоянии около 800 мм имеет высоту 13 мм от дна повышенного жолоба — верхняя поверхность его на 3 мм ниже поверхности головки рамного рельса. Это облегчает переход вагона на кривую и предохраняет перо от износа. Колесо будет катиться на протяжении неполной высоты пера или по рамному рельсу, или ребордой по дну повышенного жолоба. Кроме того, накат жолоба улучшает плавность прохода вагона. Колесо сначала вступает ребордой на повышенный жолоб, а потом уже сходит с головки, поэтому не бывает перерыва в плоскости качения колеса и уменьшается удар колеса о стрелку.

§ 84. Литые крестовины и пересечения

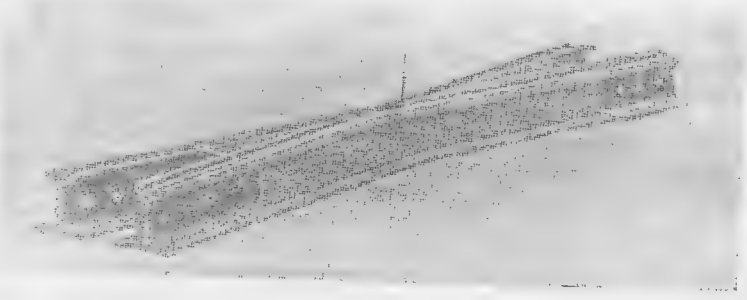
Крестовина представляет собой конструкцию, служащую для пересечения одного рельса с другим. Крестовины бывают прямые, укладываемые при пересечении двух прямых рельсов, и кривые. Кривые крестовины бывают с одним кривым и с двумя кривыми рельсами (крестовины двойной кривизны). В этом случае кривизна крестовины должна соответствовать кривизне пересекающихся рельсов.

Пересечения представляют собой конструкцию для пересечения одного пути другим и бывают прямые и кривые. Пересечение состоит из четырех крестовин — две рельсовые нитки одного пути пересекают две рельсовые нитки другого пути; конструкция пересечений отличается от конструкции одиночных крестовин только длиной их хвостов.

Литые крестовины (фиг. 136) отливаются одним куском и имеют в средней своей части в разрезе коробчатую форму. Концы крестовин (называемые хвостами) имеют форму нормальных рельсов, что допускает устройство сборных стыков при помощи накладок.

Длина хвостов одиночных крестовин и наружных хвостов пересечений, в большинстве случаев, равна 1,5 м. Укорочение крестовин нежелательно: стыковые соединения крестовин с более короткими хвостами скорее расстраиваются, чем с длинными.

Основное отличие трамвайных крестовин от железнодорожных заключается в устройстве в них мелкого жолоба (наката), подобно глухой стрелке, который делается для смягчения удара при проходе подвижного состава. Рельсовые нитки в месте пересечения их в крестовине имеют зазор для возможности беспрепятственного прохода реборды бандажа вагона. Если не устроить мелкий жолоб, который заставит колесо вагона катиться ребордой по повышенному жолобу, то будет происходить резкий удар в месте



Фиг. 136. Общий вид литой крестовины.

пересечения рельсовых ниток и быстрый износ остряка крестовин в математическом его центре. Математическим центром крестовины называется точка пересечения двух рабочих кантов рельсов.

Накат устраивается на длине 700—800 мм от математического центра крестовины в обе стороны и способствует плавности входа колеса на него и схода с него. В средней части глубина жолоба делается в 11—13 мм и постепенно сходит до нормальной глубины.

В литых крестовинах накат предусмотрен моделью отливки.

Профиль рельсов Феникс в хвостах крестовин по кривому направлению применяется с повышенной губкой, а по прямому направлению может применяться профиль для прямых. Все это относится и к крестовинам пересечений.

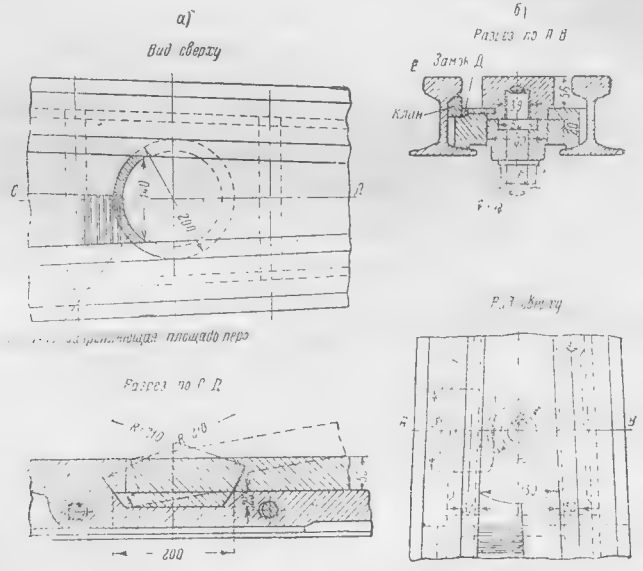
Длина внутренних хвостов пересечений принимается в точном соответствии с ее эпюрой, такой, чтобы между двумя крестовинами был только один стык, чтобы не пришлось вставлять куска рельса или отрезать кусок от хвоста крестовины.

Иногда пересечения, имеющие большой угол (90° и близкий к этому), т. е. такие, которые имеют небольшую длину, изготовляют или целой отливкой четырех крестовин, или по две крестовины. Такие отливки целесообразны, так как они уменьшают количество сборных стыков, самых слабых мест пути.

§ 85. Сборные стрелки

Сборные стрелки изготовляются из обыкновенных прокатных рельсов Феникс или Виньоль соединением отдельных простроганных частей болтами при помощи чугунных или стальных отливок-вкладышей.

Перо стрелки изготовляют из стали специального профиля проковкой ее, иногда же применяют литые перья. Конструкция



Фиг. 137. Сферодисковое (*а*) штыревое (*б*) крепление пера стрелки.

пера, стрелочной тяги и замыкателей применяется такая же, как и в литых стрелках. Укрепление пяты пера в сборных стрелках теперь применяется такое же, как и в литых стрелках — корневой закладкой, но иногда осуществляется при помощи сферодиска.

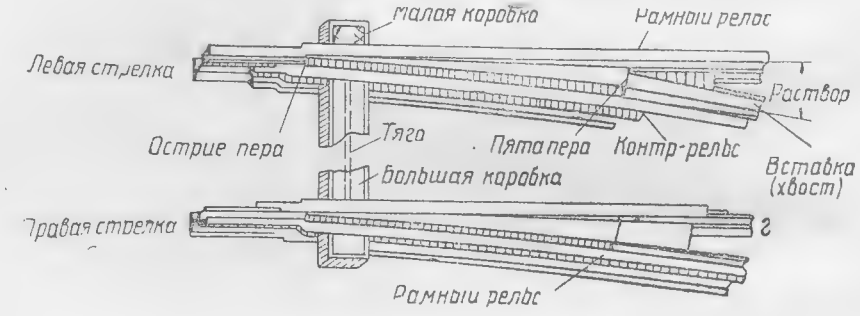
Сферодисковое крепление (фиг. 137 а) состоит в следующем: диск, имеющий форму усеченного конуса, приваренный к корневой части пера, покоится в специально выфрезерованном гнезде, соответствующем очертанию диска. Малое основание усеченного конуса обращено в сторону подушки. Гнездо входит в соответствующую дуговую выемку в подушке, чем удерживает перо от выскакивания.

Раньше применялось также штыревое крепление пера (фиг. 137 б), состоящее в том, что перо надевается на штырь, скрепленный с вкладышем стрелки.

Преимущество сферодискового крепления пера, по сравнению со штыревым, то, что опорная площадь пяты пера в три раза больше (в сферодисковом 397 см², в штыревом 125 см²), замочно

закрепляющая площадь в пять раз больше (соответственно 14 против 3,1 см²), что значительно предохраняет эти площади от быстрого износа.

Кроме того, в штыревом креплении замок с клином ослабляется в первые дни работы стрелки и участия в креплении пера не принимает. Штырь также быстро превращается из круглого в элиптический, и перо имеет возможность двигаться как в ту, так и в другую сторону, в зависимости от того, куда переведена стрелка. Быстрый износ пяты пера и опорной подушки вызывает удары, которые при ослаблении замка и клина позволяют перу соскочить со штыря, что может вызвать сход вагона.



Фиг. 138. Схема сборной стрелки.

Все же преимущество сохраняется за креплением пера при помощи корневой закладки, которое нужно применять и при всех конструкциях сборных стрелок.

Вкладыши, сохраняющие неизменные расстояния между рельсом и контррельсом, служат одновременно и подушкой для стрелочного пера. Изготовляются они отливкой из чугуна или стали, причем корневой вкладыш, на который опирается пята пера, должен быть стальным, так как он изнашивается значительно больше, чем остальные вкладыши.

Сборные стрелки (фиг. 138) состоят из многих отдельных частей, соединенных болтами, сложны в конструкции и в эксплоатации, быстро расстраиваются и требуют внимательного и непрерывного ухода. Перья в сборных стрелках не имеют такого сильного профиля, как в литых, поэтому чаще ломаются и расшатываются. Несмотря на первоначальную меньшую стоимость (сборные стрелки в 1,5 раза дешевле литых), а также вследствие конструктивных недостатков (быстро изнашиваются, ввиду чего срок службы их в 3—4 раза меньше литых), они в эксплоатации менее выгодны, чем литые.

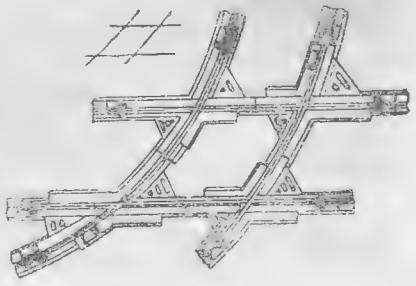
Применение сборных стрелок целесообразно на линиях с небольшим движением: в парках и на загородных линиях на особом полотне, где их работа близка к работе железнодорожных стрелок.

Поверхность головок рельсов в сборных стрелках рекомендуется или подвергать закалке, или наплавлять твердыми сплавами, с целью удлинения сроков их службы.

§ 86. Сборные крестовины и пересечения

Сборные крестовины могут быть изготовлены целиком из прокатных рельсов типа Феникс и Виньоль, или средние их части делают вставными из марганцовистой стали. Последний способ в настоящее время не применяют.

Для плавного прохода вагонов в сборных крестовинах, так же как и в литых, устраивают наплавкой повышенный жолоб (накат), разгоняемый на длину 700—800 мм от математического центра крестовины.



Фиг. 139. Схема сборного пересечения.

Длину внутренних хвостов, крестовин в пересечении берут с таким расчетом, чтобы между смежными крестовинами было не больше одного стыка. Длину наружных хвостов крестовины принимают в 1,5 м.

Сборные крестовины и пересечения так же, как и стрелки, изготовляют острожкой прокатных рельсов и соединением их при помощи чугунных и стальных вкладышей болтами; подошва рельсов в крестовине скрепляется с плитой заклепками.

Схема сборного пересечения показана на фиг. 139.

Сборные крестовины из рельсов еще в большей степени, чем стрелки, расстраиваются и изнашиваются и требуют постоянного наблюдения и ремонта; поэтому в последнее время начали применять сварные крестовины.

Фиг. 140. Крестовина, сваренная термитом.

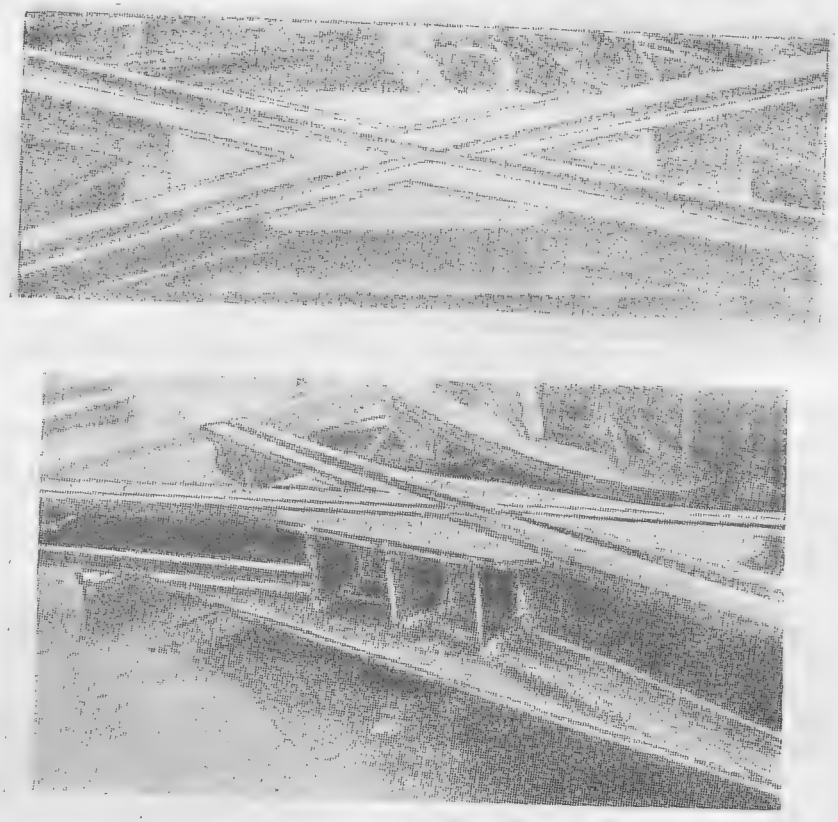
Сварные крестовины изготовляют из нормальных прокатных рельсов, соединяемых сваркой.

Сварка может быть термитная; она дает хороший результат, но сложна, так как каждая марка крестовины требует специальных форм для сварки, что усложняет и удорожает работу. На фиг. 140 показана прямая крестовина, сваренная термитом. Если поверхность ее подвергнуть закалке или наплавить твердым сплавом, а также наплавить жолоб, устроив нормальный накат, то она почти не уступит по качеству литой крестовине.

Более просты в изготовлении крестовины, выполненные при помощи электродуговой сварки (фиг. 141).

Соединяемые рельсы приваривают подошвой к нижней плите, а головки рельса скрепляют приваркой косынок, подпертых накладками и ребрами.

Такая крестовина значительно лучше сборной, дешевле ее и проще в изготовлении.



Фиг. 141. Сварная крестовина:
а—вид сверху, *б*—вид сбоку.

В последнее время при изготовлении сварных крестовин пытались их еще больше упростить — уменьшили величину косынок, ликвидировали подпорки ребрами и накладками, уменьшили сварочные швы. В результате крестовины оказались неудовлетворительными в работе. Между тем при хорошем качестве сварочных работ и полноценной конструкции сварные крестовины хорошо себя зарекомендовали по сравнению со сборными.

В сварных крестовинах также необходимо устраивать электронаплавкой мелкий жолоб (накат) и подвергать верхнюю поверх-

ность головки, контррельс и рабочий кант закалке или покрывать их твердыми сплавами.

В настоящее время стрелки, крестовины и пересечения изготовляют радиусами 20, 30 и 50 м и прямые крестовины — марки 1 : 4 и 1 : 6.

§ 87. Основания под специальными частями

Типы и конструкции оснований под специальными частями (стрелочными переводами и пересечениями) применяются, в основном, те же, что и при устройстве прямых и кривых участков пути, но так как динамическая нагрузка на узлах наиболее вероятна, то нужно выбирать наиболее надежные конструкции оснований, предохраняющие путь от просадок и узел от расстройств.

При шпальных основаниях размещение шпал под стрелочным переводом и пересечением с соблюдением необходимых условий (расстояние между шпалами, положение шпал нормально оси пути) затруднительно. Например, если располагать шпалу нормально прямому пути, то она получится под острым углом к оси кривого пути. Поэтому предпочтение в этих случаях нужно отдавать наиболее загруженному пути, для которого и выдерживать требования и нормы.

Для более равномерного размещения поперечин под трамвайными стрелочными переводами применяют иногда вместо шпал брусья длиной от 3 до 6 м с интервалами длины в 0,20—0,50 м. Длину брусьев назначают в зависимости от места, занимаемого ими в переводе. Недостаток длинных брусьев тот, что на них трудно придать необходимое возвышение рельсовым ниткам, поэтому они не нашли широкого применения на трамвайных путях.

§ 88. Специальные части для совмещенного движения

Вопрос пропуска железнодорожных товарных вагонов по трамвайным путям имеет большое значение для экономии средств: на перегрузку, содержание железнодорожных складов, на грузовом автотранспорте, так как позволяет грузы, подвозимые в железнодорожных вагонах, подавать к месту потребления даже при отсутствии железнодорожных веток.

Пропуск железнодорожных вагонов по трамвайным путям возможен при соблюдении необходимых габаритов в плане (так как ширина и база железнодорожного вагона больше трамвайного), при наличии спокойного продольного профиля (при уклонах не более 3,5%), при наличии кривых радиуса не менее 40 м, исключительно при рельсах типа Виньоль (так как жолоб рельсов Феникс не позволяет вписываться в него реборде железнодорожного вагона) и при применении специальных частей, приспособленных для совмещенного движения.

Стрелочные переводы, крестовины и пересечения для совмещенного движения изготовляют обычно из рельсов Виньоль Iа или IIа. Крестовины и пересечения могут быть и литые.

Стрелочные переводы, в зависимости от назначения их, могут быть двух типов: с пером радиуса 50 м, если по переводу предполагается пропускать железнодорожные товарные вагоны, снабженные обычными сцепными приборами, и с пером радиуса 75 м для пропуска вагонов, оборудованных автосцепами.

Для трамвайных путей, приспособленных для совмещенного движения, рекомендуется принимать, как нормальные, следующие два типа стрелочных переводов:

1) для ответвления с кривой крестовиной того же радиуса, как и стрелка,

2) для перехода с кривым пером и прямой крестовиной марки 1 : 6 при радиусе пера 50 м и марки 1 : 7 при радиусе пера 75 м.

Основные размеры этих типов стрелочных переводов приведены в табл. 23.

Таблица 23

Основные размеры стрелочных переводов

№ стрелочного перевода	Радиус кривизны внутреннего рамного рельса, м	Радиус кривизны наружного рамного рельса, м	Радиус кривизны крестовины, м	Марка крестовины	Угол поворота крестовины
1	50	51,53	51,53	—	13°59′51″
2	75	76,53	76,53	—	11°28′33″
3	50	51,53	—	1/6	9°31′38″
4	75	76,53	—	1/7	8°10′16″

Ширина жолоба в начале пера и ход острия пера одинаковы для наружной и внутренней стрелок и принимаются в 50 мм при $R = 75$ м и 52 мм при $R = 50$ м.

Ширина жолоба в переводной кривой одинакова для внутренней и внешней ниток рельсов и равна ширине жолоба в начале пера (50 и 52 мм).

Ширина жолоба в крестовине по прямому направлению должна быть 65 мм, по кривому — 70 мм. Ширину жолоба против крестовины (расстояние между рельсом и контррельсом) принимают на прямой и в кривой в 40 мм. Ширина колеи в начале стрелки и в пределах переводной кривой равна 1530 мм. Уширение от нормальной величины колеи 1524 мм до 1537 мм в начале пера делается на расстоянии 12 м.

Ширина колеи против крестовины на обоих направлениях принимается равной 1540 мм (для радиуса 50—75 м), и уширение от 1530 до 1540 мм делается на расстоянии 6 м от крестовины.

Крестовины для совмещенного движения устраивают с повышенным жолобом. Начиная от точки перерыва рабочих кантов рельсов до точки сердечника, где ширина его достигает 40 мм, глубины жолоба принимается в 10—12 мм; уклон жолоба в обе стороны делается в 1/30.

Ввиду того, что в настоящее время стрелки радиуса 75 м не изготовляются, можно, при строгом соблюдении определенных условий эксплоатации, для пропуска вагонов с автосцепами пользоваться стрелками радиуса 50 м. Для этого необходимо: проходить узлы со скоростью не более 4—5 км/час; уложить повышенные контррельсы в хвосте стрелок и против крестовины и заранее устанавливать вручную положение автосцепок.

§ 89. Способы перевода стрелок

Трамвайные стрелки переводят вручную переводным ломиком, отжимая перо стрелки в желательное положение, или механизированным способом.

Механизация путевых стрелок имеет большое значение как с точки зрения безопасности труда стрелочников, так и значительного уменьшения эксплоатационных расходов, и в последнее время получила большое распространение.

Механизированный перевод стрелок осуществляется, главным образом, при помощи электрического тока. Такие устройства в работе значительно проще и надежнее, чем применявшиеся раньше переводы при помощи системы рычагов, пневматические и другие.

Обычно применяется тот же электрический ток, которым приводятся в движение трамвайные вагоны, — постоянный ток напряжением в 600 вольт.

Механизированный электрический перевод стрелок бывает автоматический и централизованный.

Автоматический перевод стрелок осуществляется вагоновожатым трамвая с площадки моторного вагона, — необходимость иметь стрелочников для перевода стрелок отпадает.

При централизованном переводе стрелок перевод их осуществляется из будки, в которой сосредоточено управление несколькими стрелками (в пределах видимости), а иногда с тротуара — против стрелок.

Централизованный перевод стрелок устраивается в тех случаях, когда одновременно с переводом стрелок осуществляется и регулирование пропуска отдельных маршрутов, или в крупных узлах, где в одном месте сосредоточено большое количество стрелок, которые не безопасно оборудовать автоматическим переводом, или после крутых уклонов и в других опасных для движения местах, где необходимо иметь добавочную гарантию безопасности движения вагонов.

Где возможно, нужно оборудовать автоматический перевод стрелок, как наиболее экономически выгодный, требующий меньше дефицитных материалов, чем централизованный, и дающий экономию в рабочей силе.

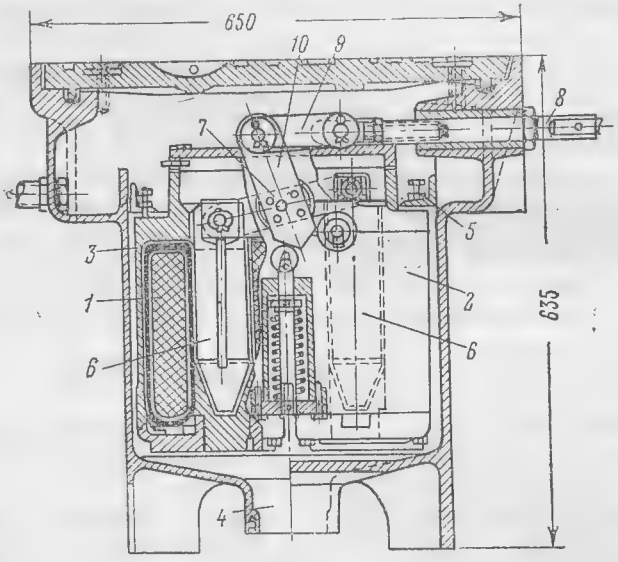
§ 90. Автоматический перевод стрелок

Автоматический перевод стрелок осуществляется электромагнитом, получающим питание электрическим постоянным током от контактного провода при напряжении 600 вольт.

Электромагнит автоматической стрелки представляет собой две катушки медного изолированного провода, в которые вставлены железные сердечники. Когда через катушку проходит ток, сердечник начинает работать, как магнит. При выключении тока магнитные действия сердечника прекращаются.

Электромагнит автоматической стрелки развивает тяговое усилие около 110 кг.

Переводный механизм автоматической стрелки устанавливается в одной плоскости со стрелочным переводом так, чтобы отверстия для тяги привода и в малой стрелочной коробке совпадали.



Фиг. 142. Московский тип переводного механизма стрелки.

Чугунная коробка механизма стрелки устанавливается на двух шпальных брусьях, длиной по 3 м, пропущенных под обоими остряками стрелки, и крепится к ним шурупами диам. 19 мм, длиной 100 мм.

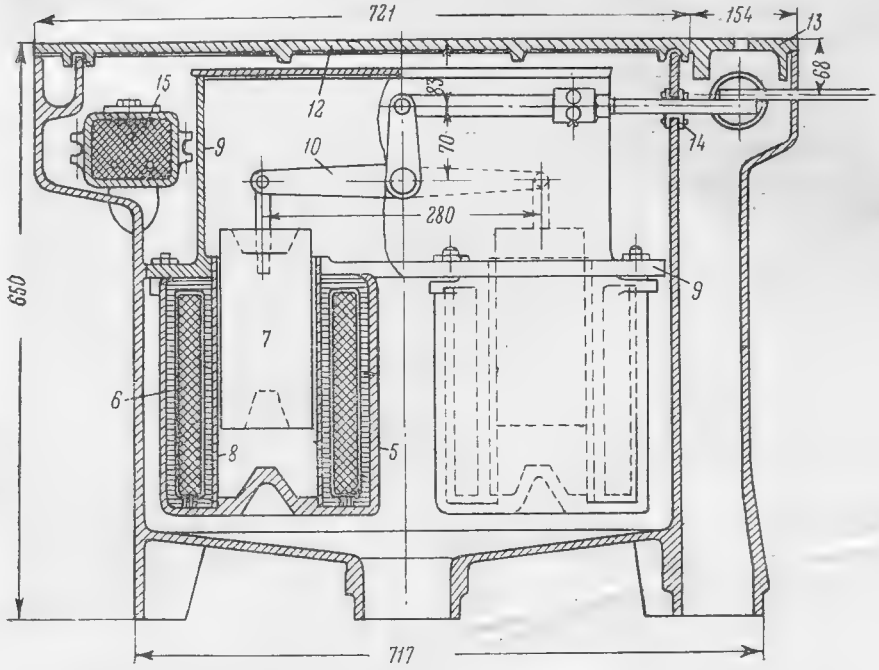
Стрелка снабжается тягой с муфтой и двумя замыкателями, отрегулированными на среднее положение. Перья стрелки должны плотно прилегать к рамному рельсу.

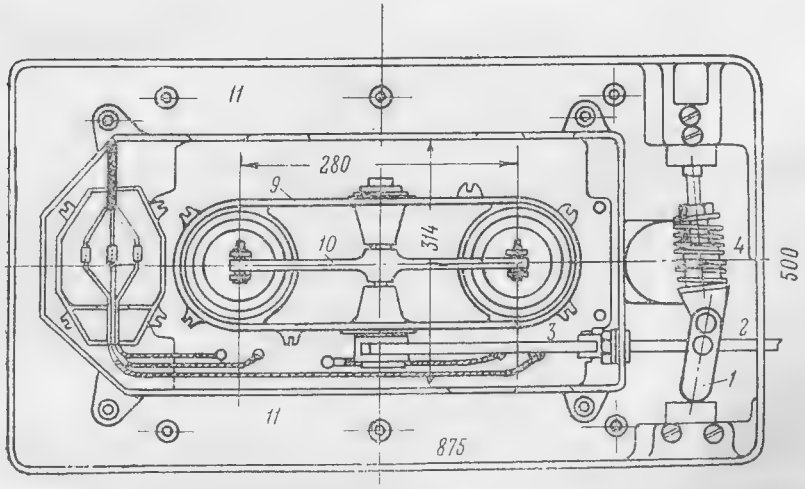
От коробки приводного механизма так же, как и от нормальной большой стрелочной коробки, устраивают отвод воды, при помощи чугунных труб диам. 15 см, к смотровому водосточному колодцу и дальше в городскую водосточную сеть.

Если городского водостока нет, то отвод воды осуществляется местным водостоком в ближайшие пониженные точки местности.

Московский тип переводного механизма стрелки (фиг. 142) состоит из электромагнитных катушек (соленоидов) — одной сериесной *1* в 1000 витков, с медной обмоткой, диам. 2,1 мм, другой

шунтовой *2* в 1400 витков, с медной обмоткой, диам. 0,8 мм, вставленных в чугунную коробку-кожух *3*, имеющую в днище отвер-





Фиг. 143. Ленинградский тип переводного механизма стрелки.

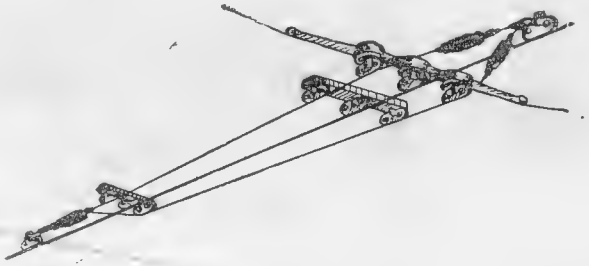
стие *4* для соединения с водостоком и с герметически закрывающейся крышкой.

Привод подвешивается на четырех цапфах *5* в чугунной коробке.

Железные сердечники катушек *6*, шарнирно подвешенные по концам жестко скрепленного с осью вращения коромысла *7*, располагаются так, что когда один сердечник втянут в катушку, другой вытянут из нее.

Перевод пера стрелки осуществляется посредством тяги *8*, соединенной при помощи серьги *9* с рычагом *10* коромысла.

В ленинградском типе переводного механизма (фиг. 143) замыкатель стрелки расположен в коробке приводного механизма. Замыкатель состоит из качающегося рычага *1*, соединенного короткой тягой *2* с пером стрелки, а длинной составной тягой *3* с пальцем переводного механизма, упирающимся одним концом в выемку, а другим — в пружину *4*. Каждый электромагнит состоит из



Фиг. 144. Шунтовые салазки.

кожуха *5*, катушки *6*, сердечника *7* и направляющей втулки *8*. Одна катушка — сериесная, другая — шунтовая. Крышки обоих электромагнитов соединены в виде одной отливки *9*, в которой вращается валик коромысла. В этой же коробке помещается и коромысло *10*. Весь этот внутренний механизм устанавливается в наружной коробке *11* на особом выступе. Наружная коробка закрывается двумя крышками *12*, *13* и защитным приспособлением против попадания воды; для этой же цели у отверстия для тяги устроена кожаная манжетка *14*. Бронированный трехжильный кабель входит через отверстие в наружной коробке в особую маленькую муфту *15*. Из муфты с другой стороны выходят три гибких освинцованных кабеля и присоединяются два к сериесной катушке и один к шунтовой. Другой конец катушки заземлен клеммой к стенке коробки.

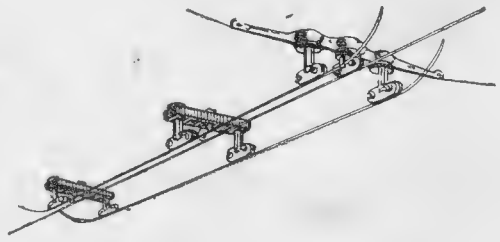
Имеются переводные механизмы и других конструкций. Заслуживает внимание переводный механизм, предложенный на Московском трамвае т. Логиным. В этом механизме электромагнитные катушки установлены с обеих сторон стрелки, что позволило обойтись без рычажной передачи усилий перевода пера (сердечники электромагнита действуют по одной прямой с тягой пера стрелки) и улучшило водонепроницаемость катушек из-за меньшего люфта передачи.

Кроме помещаемого около стрелки переводного механизма к автоматической стрелке относятся: контакты на рабочем (контактном) проводе и распределительный ящик с рубильником и предохранителями.

Для питания электромагнитов током от рабочего провода устраивают подвешенные на рабочем проводе контакты (салазки), состоящие из двух пар тонких и толстых голых проводников длиной 2—2,5 м.

Шунтовые салазки (фиг. 144) делают обычно из стальной проволоки диам. 5 мм и прикрепляют посредством изолированных болтов в одной плоскости с рабочим проводом. Сериесные салазки (фиг. 145) делают из троллейного (контактного) провода и устанавливают ниже рабочего провода на 50 мм.

Электрический ток от контактов через распределительное устройство и воздушную и кабельную проводки поступает к электромагнитным катушкам привода.



Фиг. 145. Сериесные салазки.

Распределительное устройство, помещенное в ящике, устраивается или на мачтах, поддерживающих трамвайные провода, или на стенах близлежащих домов. В ящике помещаются: трехполюсный рубильник для возможности отключения автоматической стрелки при ее осмотре и ремонте; два сериесных предохранителя трубчатого типа на 40 ампер для сериесной катушки приводного механизма стрелки и один шунтовый нормальный предохранитель на 5 ампер для защиты шунтовой катушки.

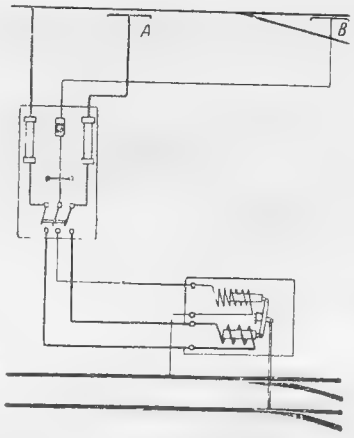
Воздушная проводка от контактного провода к распределительному устройству выполняется из изолированного провода сечением не меньше 6 мм² марки ПР или АПР. Подземная проводка от распределительного устройства к приводу выполняется из подземного бронированного трехжильного кабеля сечением не менее 3×10 мм² марки ОБ (3000 вольт). Кабель прокладывают на глубине не менее 70 см от уровня мостовой, а при пересечении им трамвайного пути заключают в асбоцементную или гончарную трубу.

Существует несколько схем работы автоматических стрелок. Наиболее распространена схема, основанная на следующем принципе: если вагоновожатому нужно вести поезд направо, то он должен проезжать контакт (салазки) без тока, накатом, т. е. сняв рукоятку контроллера с силы; если же нужно вести поезд налево, то он должен проезжать контакт под током на одном из первых трех делений контроллера.

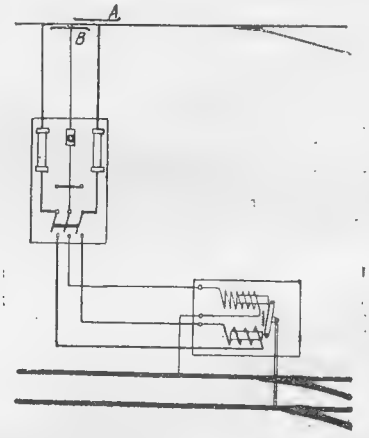
На этом принципе построены две схемы включения автоматических стрелок: с объединенной подвеской контактов (салазок) и с раздельной.

При объединенной подвеске оба контакта (салазки) — шунтовый, размещаемый по ходу движения впереди, и сериесный — устанавливаются на рабочем проводе перед стрелкой. При раздельной подвеске сериесные салазки устанавливают перед стрелкой, а шунтовые позади стрелки.

Схема раздельной подвески контактов изображена на фиг. 146. Если вагон проходит контакты с включенными моторами, то как только дуга коснется сериесного контакта *A*, подвешенного на расстоянии 18—20 м перед стрелкой, ток начинает протекать по следующей цепи: контактный провод, воздушный изолированный провод, первый сериесный предохранитель, рубильник, первая жила подземного кабеля, обмотка электромагнитной катушки, вто-



Фиг. 146. Схема раздельной подвески.



Фиг. 147. Схема объединенной подвески.

рая жила подземного кабеля, рубильник, второй сериесный предохранитель, воздушный провод, сериесный контакт, дуга и цепь моторного вагона, рельсы — земля. От возбуждения током сериесный солленоид втягивает сердечник, который при помощи коромысла и тяги переводит стрелочное перо для поворота вагона на левый путь. Пройдя стрелку на расстояние 25—30 м (из расчета трехвагонного состава), дуга вагона каснется шунтового контакта *B*, замкнет шунтовую цепь, и ток пойдет по следующей цепи: от контактного провода через вставку дуги вагона (вне зависимости, выключен ли контроллер или нет) и шунтовый контакт по воздушной проводке в шунтовый предохранитель, средний нож рубильника, третью жилу подземного кабеля, в обмотку шунтовой катушки и в землю. Возбужденный солленоид втянет сердечник шунтовой катушки и при помощи коромысла и тяги стрелки переведет перо в обратное положение — даст направление на правый путь.

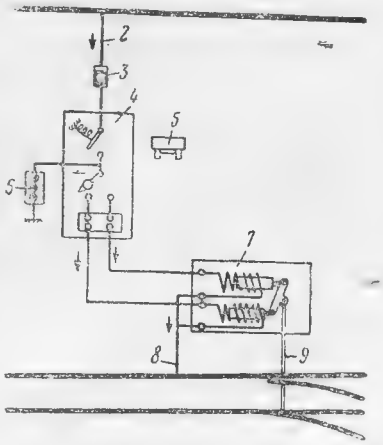
Если вагон проходит сериесный контакт (салазки) с выключенным контроллером, то тока не получается — дуга не замыкает цепь, сериесная катушка не будет действовать, и, следовательно, стрелка будет постоянно переведена на правый путь.

Схема объединенной подвески показана на фиг. 147. В ней получение замкнутой электрической цепи то же, что и при раздельной подвеске, но так как шунтовый контакт *B* устанавливается на контактном проводе до сериесного контакта *A*, то после прохода вагона на левый путь стрелка не переведется обратно направо, а останется в левом положении.

§ 91. Централизованный перевод стрелок

Централизованный перевод стрелок устраивают на сложных узлах, площадях, больших подъемах и уклонах, где нельзя оборудовать автоматического перевода.

Устройство централизованного перевода стрелок состоит из аппарата управления стрелками, общего предохранителя, воздушной и подземной проводки и переводных механизмов у каждой стрелки.



Фиг. 148. Схема централизованного перевода стрелок:

1—троллейный провод постоянного тока, напряжением 600 в; *2*—изолированный провод; *3*—общий предохранитель; *4*—аппарат централизованного управления; *5*—предохранительная вилка; *6*—контрольный ящик; *7*—привод с механизмом; *8*—провод для заземления; *9*—тяга.

Аппарат управления стрелками представляет собой распределительный ящик с несколькими рукоятками для включения стрелок. С правой стороны аппарата помещается кнопочный пружинный включатель для подачи тока к соответствующей рукоятке стрелки. К рукояткам присоединены контрольные лампы, указывающие наличие тока в цепи, и по два предохранителя на каждую стрелку. На лицевой стороне аппарата помещается схема с указанием номеров и направления движения трамвайных маршрутов по узлу.

Электрический ток от контактного провода к аппарату управления подводится воздушной проводкой изолированным проводом сечением не менее 6 мм² марки ПР, а от аппарата управления к приводу — подземным бронированным трехжильным кабелем марки СБ, сечением 3 × 10 мм² (одна жила запасная).

Переводный механизм такой же, как и для автоматических стрелок, только обе катушки шунтовые.

Аппарат управления помещается в специальной будке, установленной в таком месте, с которого беспрепятственно видны все стрелки узла и подходящие к ним вагоны.

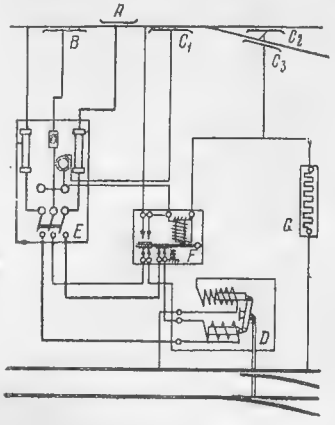
Схема централизованного управления стрелками показана на фиг. 148. При включении стрелочником тока замыканием кнопочного включателя получается замкнутая электрическая цепь: от контактного провода по воздушной проводке через общий предохранитель аппарат управления и через замкнутый кнопочный вклю-

чатель в подземный кабель, дальше в обмотку той электромагнитной катушки, для которой установлена рукоятка аппарата, и от другого конца обмотки в землю. Возбужденный солленоид втянет сердечник шунтовой катушки и при помощи коромысла и тяги переведет перо стрелки.

Для перевода стрелки в обратное направление стрелочник переводит рукоятку аппарата управления в другое крайнее положение, включает кнопочный включатель, чем замыкает цепь другой шунтовой катушки, возбужденный солленоид которой переведет перо стрелки в обратное направление.

§ 92. Общие понятия о блокировке стрелок

Для безопасности прохождения вагонов по стрелкам, оборудованным автоматическим или централизованным переводом, кроме автоматической сигнализации, которой иногда дополнительно оборудуются эти устройства, устраивают блокировку стрелок.



Фиг. 149. Схема автоблокировки автоматической стрелки:

B—шунтовый контакт; *A*—сериесный контакт; C_1, C_2 и C_3—добавочные контакты автоблокировки; *D*—привод; *E* — распределительное устройство; *F* — блок-реле; *G*—добавочное сопротивление.

В частности, при прохождении трамвайных поездов по автоматическим стрелкам могут быть такие случаи, когда позади идущий поезд, проходя под контактом, переведет стрелку в то время, когда впереди идущий поезд еще не успел пройти ее всеми скатами. В этом случае задний скат моторного вагона или прицепные вагоны пойдут налево, и произойдет сход вагона с рельсов, а может быть и столкновение со встречным поездом.

Подобный случай при оборудовании стрелок централизованным переводом может произойти, если стрелочник переведет ошибочно стрелку, когда вагон еще не пройдет ее всеми скатами.

С целью предотвращения аварий устраивают электрическую автоблокировку, которая выключает цепь катушек привода во все время, пока поезд находится на данной стрелке.

Такая автоблокировка состоит из контакта, дополнительно устанавливаемого перед стрелкой, двух контактов (по обоим направлениям движения) после стрелки, блок-реле и добавочного сопротивления.

Блок-реле представляет собой небольшой электромагнит с неподвижным сердечником и якорь из железной пластинки, замыкающий электрические контакты. Контакты устроены так, что при помощи якоря может быть замкнута или разомкнута основная цепь электрического тока к приводу.

Схема автоблокировки автоматической стрелки при объединенной подвеске показана на фиг. 149.

При замыкании добавочного контакта C_1 ток поступает в катушку реле, сердечник его намагничивается и притягивает пластинку-якорь, размыкающую электрическую цепь привода. Якорь притягивается до тех пор, пока дуга вагона не коснется одного из выходных контактов C_2 или C_3, установленных за стрелкой на расстоянии не менее длины поезда, т. е. когда поезд уже пройдет стрелку. Тогда ток в цепи блок-реле прервется и якорь силой специальной пружинки перетянется обратно, замкнет контакты основной цепи и даст возможность переводить стрелку.

Для перевода оборудованного централизованным управлением стрелками схема автоблокировки та же, только контакты блок-реле соединяются с аппаратом управления и имеется добавочная группа ламп, сигнализирующих, когда поезд замыкает и размыкает блокировочную цепь.

Разобранная схема электроблокировки наиболее простая. На практике применяются и другие более сложные схемы и устройства, предохраняющие от других возможных аварий (например, левый поворот и возможный наезд на встречный поезд).

§ 93. Основы расчета стрелочных переводов

Расчет узлов сводится к расчету составляющих его стрелочных переводов и пересечений.

Габаритные размеры стрелочных переводов и крестовин пересечения определяют по наиболее невыгодному совпадению размеров ходовых частей вагона и колеи.

Во всех элементах стрелочных переводов и крестовин пересечений должно быть соблюдено условие, чтобы при наиболее не-

Таблица 24

Наименование элемента	Единица измерения	Трамвайный вагон	
		4-осный	2-осный
Длина кузова вагона . . .	мм	15 000	10 000
Ширина кузова	»	2 600	2 600
Жесткая база	»	1 800	3 600
Расстояние между осями тележек	»	7 500	—
Насадка колес	»	1 474	1 474
Допуск насадки	»	±2	±2
Толщина реборды на 7 мм от плоскости качения . .	»	22,5	22,5
Высота реборды	»	18	18
Диаметр бандажа	»	760	760
Ширина бандажа	»	83	83
Допускаемый износ реборды:			
а) толщина	»	8	8
б) высота	»	10	10

выгодном совпадении допусков и износов подвижного состава и пути колесный полускат не был зажат в путевой и контррельсовой колее.

При расчете направления по кривой в формулы вводят соответствующие значения ширины жолоба, колеи и искаженные размеры реборды и насадки (см. § 69).

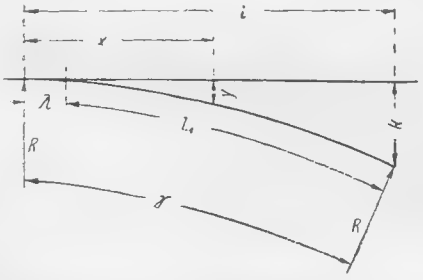
Ширину колеи в кривых определяют графоаналитическим способом, предложенным проф. А. А. Каменским [1], принимая ширину жолоба в кривых постоянной. Определенная по этому способу ширина колеи при ширине жолоба в 37 мм для кривых нормальных стрелочных переводов равна 1528 мм. Такую же ширину колеи нужно принимать в начале стрелочного перевода и на прямых участках пути.

Габариты подвижного состава и нормы износа ходовых частей его, которые принимают для расчета узлов и кривых, приведены в табл. 24.

Расчет стрелочного перевода заключается в определении геометрических размеров его элементов: стрелки, крестовины и переходной кривой.

§ 94. Расчет стрелок

Стрелку можно рассчитывать двумя способами: без пересечения рамного рельса или с пересечением рамного рельса. В первом



Фиг. 150. Эпюра стрелки без пересечения рамного рельса.

случае кривая рабочего канта стрелки касательна рабочему канту рамного рельса, во втором случае кривая рабочего канта стрелки пересекает рабочий кант рамного рельса и касательна линии, параллельной ему, находящейся на расстоянии ψ от рабочего канта рамного рельса.

Стрелка без пересечения рамного рельса

Расстояние от начала пера до тангенса стрелки (фиг. 150) равно:

$$x = \sqrt{2Ry - y^2} \quad \text{(уравнение кривой)},$$

[1] Труды Всесоюзного постоянного бюро трамвайных съездов (ВПБТС) вып. XIII. ч. 1, Гострансиздат, 1935.

где: R — радиус наружной нитки стрелки,

y — ордината кривой пера у начала остряка, обычно равная 8 м.

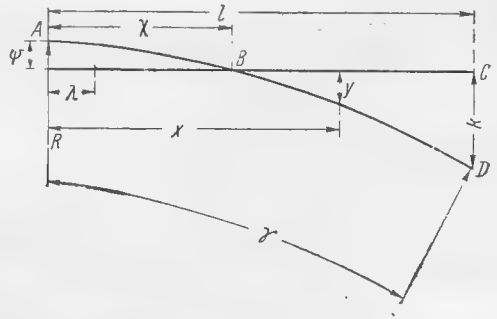
Длина стрелки от математического острия (точки касания) пера до стыка у пяты стрелки

$$l = \sqrt{2Rk - k^2},$$

где k — расстояние между рабочими кантами прямого и кривого рельсов в стыке у пяты стрелки — раствор стрелки.

Величина k зависит от конструкции стрелки и радиуса кривой, но не может быть принята меньше 200 мм для удобства устройства стыков.

Действительная длина стрелки от стыка у начала стрелки до



Фиг. 151. Эпюра стрелки с пересечением рамного рельса.

стыка у пяты стрелки отличается от теоретической длины на величину λ — расстояния от математического острия (от тангенса) до стыка у начала стрелки.

Наименьшее расстояние от начала пера до начала рамного рельса (остряка) нужно принимать с таким расчетом, чтобы была возможность соединения стрелки с рельсом нормальной шестидырной накладкой. Обычно это расстояние принимают равным 600 мм. При этом условии расстояние от тангенса до стыка равно:

при радиусе стрелки 20 м $\lambda = 0$

„ „ „ 30 „ $\lambda = 100$ мм,

„ „ „ 50 „ $\lambda = 300$ „

и действительная длина стрелки

$$l_1 = l - \lambda.$$

Центральный угол γ, соответствующий длине кривой l_2 при абсциссе l равен:

$$\gamma = \arcsin \frac{l}{k}.$$

Длина теоретической кривой

$$\smile l_2 = \pi R \frac{\gamma}{180^\circ}.$$

Действительная длина кривой до стыка

$$\smile l_3 = \smile l_2 - \lambda.$$

Стрелка с пересечением рамного рельса.

В этом случае уравнение кривой (фиг. 151) принимает следующий вид

$$x = \sqrt{2R(y+\psi) - (y+\psi)^2},$$

где ψ — расстояние между касательной тангенса и рабочим кантом рамного рельса.

Расстояние от точки B — пересечения кривой остряка с рабочим кантом рамного рельса — до тангенса

$$\xi = \sqrt{2R\psi - \psi^2}.$$

Угол удара в точке B

$$\beta = \text{arc sin}\frac{\xi}{R}.$$

Длина стрелки от математического острия (точки касания) до стыка в пяте стрелки

$$l = \sqrt{2R(\psi + k) - (\psi + k)^2}.$$

Величина k определяется так же, как и для стрелки без пересечения рамного рельса.

Действительная длина стрелки так же равна:

$$l_1 = l - \lambda.$$

Центральный угол γ, соответствующий длине кривой $\smile l_2$ при абсциссе l, равен

$$\gamma = \text{arc sin}\frac{l}{R}.$$

Длина теоретической кривой (от A до D)

$$\smile l_2 = \pi R \frac{\gamma}{180^\circ}$$

и действительная длина кривой до стыка:

$$\smile l_3 = \smile l_2 - \lambda.$$

§ 95. Расчет крестовин

При расчете крестовин определяют:

угол крестовины, образуемый рабочим кантом прямого рельса или касательной рабочему канту кривого рельса в точке пересечения рабочих кантов рельсов (математический центр крестовин);

радиус кривизны крестовины;

длины хвостов по прямому или кривому направлению, принимаемые по конструктивным соображениям;

растворы крестовин — расстояния между рабочими кантами в конце крестовины.

Прямая крестовина

Угол прямой крестовины α (фиг. 152) образуется пересечением рабочих кантов рельсов в математическом центре крестовины.

Раствор прямой крестовины

$$k = 2l \cos \frac{180^\circ - \alpha}{2}$$

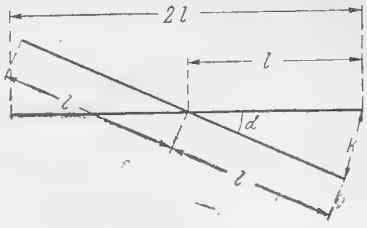
или

$$k = 2l \sin \frac{\alpha}{2},$$

где l — длина хвостов.

Марка прямой крестовины определяется отношением раствора к длине хвостов.

$$M = \frac{k}{l}.$$



Фиг. 152. Эпюра прямой крестовины.

Наиболее употребительные марки трамвайных крестовин $M = 1:4$ и $M = 1:6$.

Угол крестовин для этих марок может быть определен по формуле:

$$2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = M.$$

Для марки 1 : 4:

$$2\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = 0{,}25; \quad \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = 0{,}125;$$

$\alpha = 14^\circ 15'$.

Для марки 1 : 6:

$$2\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = 0{,}1667; \quad \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = 0{,}0838;$$

$\alpha = 9^\circ 31' 36''$.

Раствор крестовины при $l = 1500$ мм:

Для марки 1 : 4:

$$k = 2l \sin \frac{14^\circ 15'}{2} = 375 \text{ мм}.$$

Для марки 1 : 6:

$$k = 2l \sin \frac{9^\circ 31' 36''}{2} = 250 \text{ мм}.$$

Иногда угол прямой крестовины определяют по формуле $\operatorname{tg} \alpha = M$; это вызывает разницу в величине угла и в растворе и не соответствует определению марки.

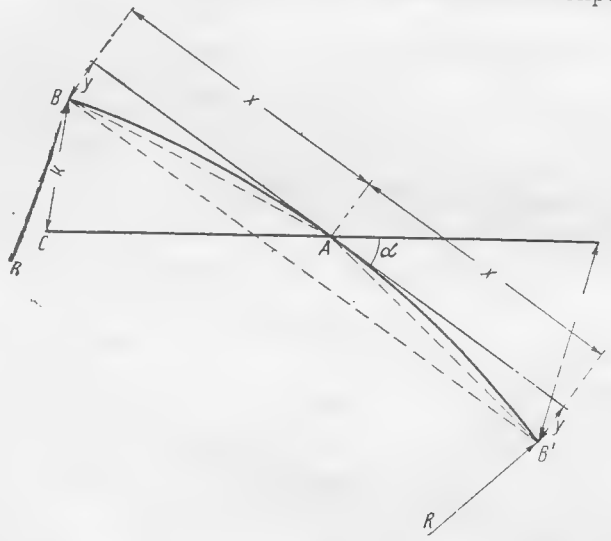
Кривая крестовина.

Угол кривой крестовины односторонней кривизны (фиг. 153) образуется пересечением рабочего канта прямого рельса с касательной рабочего канта кривого рельса в математическом центре крестовины.

Координаты кривой определяются из формулы

$$y = R - \sqrt{R^2 - x^2}.$$

Растворы крестовины k и k_1 при известной величине угла крестовины α и длины хвостов AB, AC, AB^1 и AC^1 определяют из



Фиг. 153. Эпюра крестовины односторонней кривизны.

треугольников, образуемых хордой, стягивающей дугу BB^1, и хордой, стягивающей дугу AB и AB^1.

По этому же принципу рассчитывают и крестовины двойной кривизны.

§ 96. Расчет стрелочных переводов

Все расчеты стрелочных переводов как простые, так и любой сложности узлов, сводятся к проектированию на горизонтальную плоскость всех их элементов с решением простых геометрических задач.

Расчет стрелочного перевода с прямой крестовиной. Если радиус стрелки по оси пути равен R, угол прямой крестовины α, то, обозначая ширину колеи S (фиг. 154), имеем тангенс

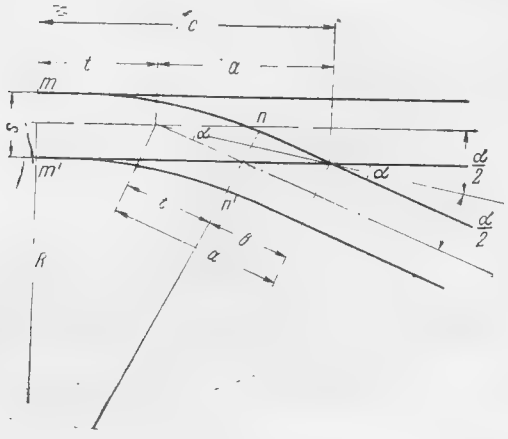
$$t = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}.$$

Расстояние от угла поворота до математического центра крестовины по оси

$$a = \frac{S}{2\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}}.$$

Полная длина перевода от начала кривой до математического центра крестовины

$$C = t + a = R\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} + \frac{S}{2\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}}.$$



Фиг. 154. Эпюра стрелочного перевода с прямой крестовиной.

Прямая вставка — расстояние между концом кривой и математическим центром крестовины

$$b = a - t = \frac{S}{2\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}} - R\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}$$

Длина кривой по наружной нитке

$$mn = \pi\left(R + \frac{S}{2}\right)\frac{\alpha}{180^\circ}.$$

Длина кривой по внутренней нитке

$$m'n' = \pi\left(R - \frac{S}{2}\right)\frac{\alpha}{180^\circ}.$$

Расчет стрелочного перевода с кривой крестовиной и пересечением второго пути

При радиусе кривого пересечения и крестовины, равном радиусу стрелки, координаты математических центров крестовин (фиг. 155)

получается при радиусе кривой по внутренней нитке R и ширине колеи S и ширине междупутья b следующими:

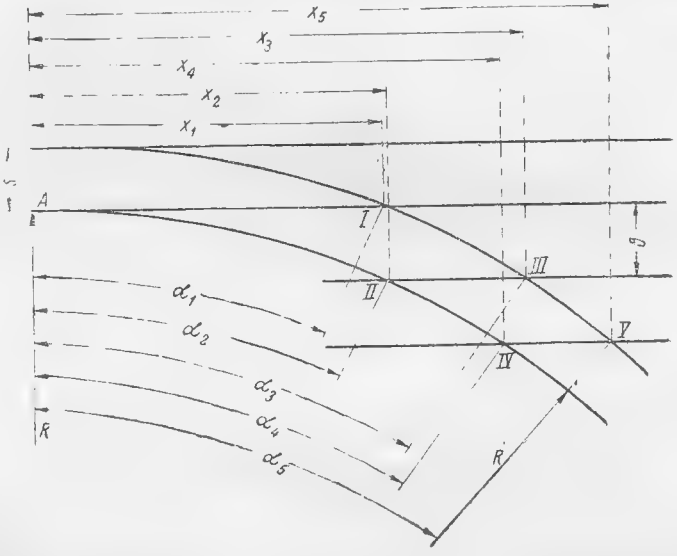
$$x_1 = \sqrt{(R+S)^2 - R^2},$$

$$x_2 = \sqrt{R^2 - (R-b)^2},$$

$$x_3 = \sqrt{(R+S)^2 - (R-b)^2},$$

$$x_4 = \sqrt{R^2 - (R-b-S)^2},$$

$$x_5 = \sqrt{(R+S)^2 - (R-b-S)^2}.$$



Фиг. 155. Эпюра стрелочного перевода с кривой крестовиной и пересечением.

Углы крестовин определяются из уравнений:

$$\operatorname{tg}\alpha_1 = \frac{x_1}{R},$$

$$\operatorname{tg}\alpha_2 = \frac{x_2}{R-b},$$

$$\operatorname{tg}\alpha_3 = \frac{x_3}{R-b},$$

$$\operatorname{tg}\alpha_4 = \frac{x_4}{R-b-S},$$

$$\operatorname{tg}\alpha_5 = \frac{x_5}{R-b-S}.$$

Длина прямой *II—III* равна:

$$l_1 = x_3 - x_2.$$

Длина прямой *IV—V* равна:

$$l_2 = x_5 - x_4.$$

Длина кривой *A — II* равна:

$$\smile l_3 = \frac{\pi R \alpha_2}{180}.$$

Длина кривой *I—III* равна:

$$\smile l_4 = \frac{\pi (R + S)(\alpha_3 - \alpha_1)}{180}.$$

Длина кривой *II—IV* равна:

$$\smile l_5 = \frac{\pi R (\alpha_4 - \alpha_2)}{180}.$$

Длина кривой *III—V* равна:

$$\smile l_6 = \frac{\pi (R + S)(\alpha_5 - \alpha_3)}{180}.$$

§ 97. Расчет стрелочных улиц

Стрелочные улицы обычно устраивают из стрелочных переводов с прямой крестовиной. Угол наклона стрелочной улицы может быть равен или больше угла крестовины стрелочного перевода.

Расчет стрелочной улицы с углом наклона равным углу крестовины

Расстояние от начала кривой стрелочного перевода до угла поворота, согласно фиг. 154, равно

$$t = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

и расстояние от угла поворота до математического центра крестовины

$$a = \frac{S}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}},$$

где: R — радиус стрелки по оси пути,

α — угол крестовины, в данном случае равный углу наклона стрелочной улицы,

S — ширина колеи.

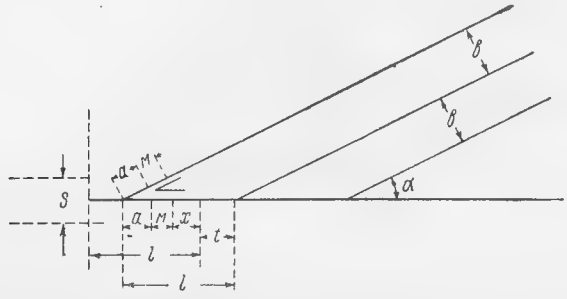
Обозначая длину хвоста крестовины p и расстояние между осями путей стрелочной улицы b, согласно фиг. 156, имеем:

расстояние между началами стрелок по стрелочной улице, равное расстоянию между углами поворота стрелок:

$$l = \frac{b}{\operatorname{tg} \alpha}$$

и расстояние между хвостом крестовины и теоретическим началом стрелки

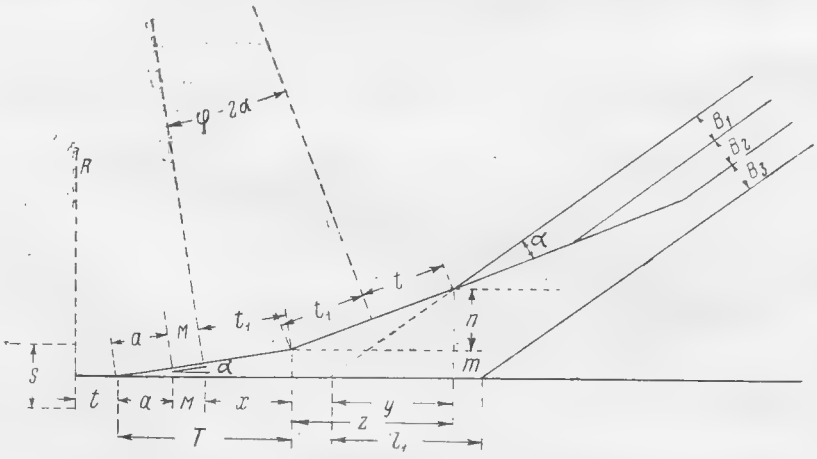
$$x = l - a - \mu - t.$$



Фиг. 156. Эпюра стрелочной улицы с углом наклона, равным углу крестовины.

Расчет стрелочной улицы с углом наклона, бо́льшим угла крестовины

Принимая те же обозначения, имеем, согласно фиг. 157:



Фиг. 157. Эпюра стрелочной улицы с углом наклона больше угла крестовины.

$$t = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}, \quad n = (t + t_1) \sin(\varphi - \alpha),$$

$$a = \frac{S}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}, \quad m = (a + \mu + t_1) \sin \alpha,$$

$$l_1 = \frac{b_1 + b_2 + b_3}{\sin \varphi}, \quad y = (n + m) \operatorname{ctg} \varphi,$$

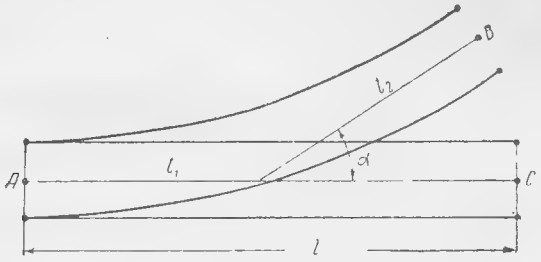
$$t_1 = R \operatorname{tg} \frac{\varphi - 2\alpha}{2}, \quad x = (a + \mu + t_1) \cos \alpha - (a + \mu),$$

$$Z = (t + t_1) \cos(\varphi - \alpha), \qquad T = (a + \mu + t_1) \cos \alpha + z - y.$$

§ 98. Разбивка специальных частей

В стрелочном переводе разбивкой отмечают три основные точки: начало стрелочного перевода и его концы по прямому и кривому направлениям.

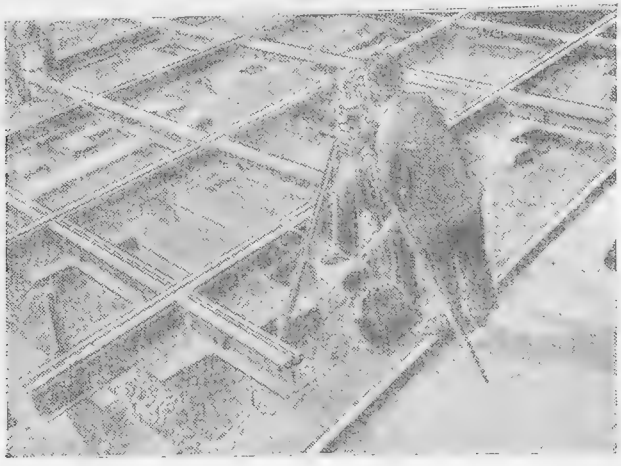
На рабочем чертеже узла указывают вершины углов поворотов стрелочных переводов α, длины тангенсов стрелочного перевода



Фиг. 158. Эпюра разбивки стрелочного перевода.

t_1 и t_2 и общую длину перевода l (фиг. 158). По этим данным производят разбивку стрелочного перевода.

Став с инструментом и центрировав его над вершиной угла поворота, провешивают линии тангенсов, откладывают их длины



Фиг. 159. Разбивка пересечения.

и забивают колья, соответствующие началу стрелочного перевода и концу его по кривому направлению. Для определения конца прямого направления провешивают ось прямого пути и откладывают от угла поворота расстояние, равное $l—t_1$, которое соответствует концу стрелочного перевода по прямому направлению, и забивают

третий кол. Забиваемые по оси пути колья *A*, *B* и *C* служат результирующими данными разбивки. Ось пути отмечают на них гвоздями, забиваемыми в торцы кола.

При разбивке стрелочного перевода с пересечением, кроме начала и концов стрелочного перевода, добавляют еще концы пересечения по прямому пути, получаемые восстановлением перпендикуляра от начала стрелки. После этого находят ось второго пути, провешивают второй путь, на котором и отмечают расстояние от начала стрелки до конца пересечения. Это расстояние берут из рабочих разбивочных чертежей.

По этому основному способу разбивки производится разбивка и других специальных частей (фиг. 159). В кривых, кроме того, разбивают ось по кривому направлению соответственно ординатам, взятым из специальных таблиц.

ГЛАВА VI

ОТВОД ВОДЫ ОТ ТРАМВАЙНЫХ ПУТЕЙ

§ 99. Значение отвода грунтовых и поверхностных вод

Вода служит главной причиной разрушения пути, поэтому своевременный и быстрый отвод ее представляет собой необходимое условие для нормальной работы всех элементов путевого устройства.

В каждом благоустроенном городе имеется какая-либо система водостоков. Поэтому отвод воды от трамвайных путей, с целью наиболее эффективного использования водоотводных сооружений и общего благоустройства города, должен быть согласован с городской системой водостоков.

Водоотводы в путях трамвая устраивают: 1) для отведения поверхностных вод с покрытия путей; 2) для понижения уровня грунтовых вод и для отвода поверхностных вод, попадающих в основание пути, а также 3) для отвода воды из коробок стрелочных механизмов.

Первый вид водоотвода заключается в сборе и отводе поверхностных дождевых вод с полотна путей трамвая в приемные колодцы или в специальные водоотводные коробки, откуда по трубам вода поступает в городской водосток.

Второй вид водоотвода предназначен для сбора грунтовых и просочившихся в основание путей поверхностных вод с последующим отводом их в городской водосток.

Отсутствие в путях трамвая водоотвода вызывает разрушение основания, особенно в тех местах, где пути не имеют естественного уклона и вода, собираясь в основании, разжижает его, что вызывает ряд ненормальностей в работе пути.

Надлежащее же устройство водоотвода гарантирует долговечность и устойчивость трамвайного пути.

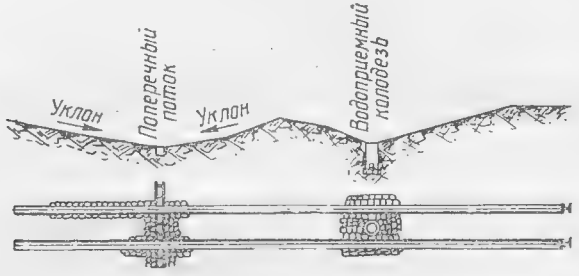
§ 100. Отвод поверхностных вод

При расчете водосточной сети для города необходимо иметь данные об осадках за возможно больший промежуток времени. Эти сведения должны быть положены в основу расчета водостоков.

Для расчета водосточной сети в путях трамвая дождевые осадки продолжительностью менее 5 мин. не принимают во вни-

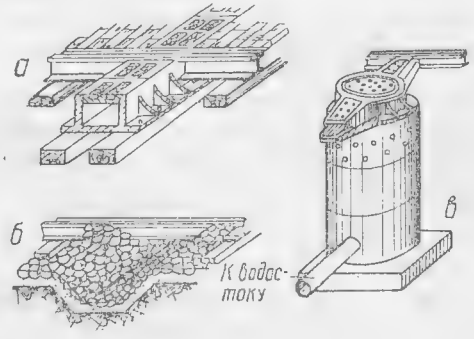
мание ввиду их кратковременности. На дожди большой интенсивности, которые выпадают редко, вести расчет сети также нецелесообразно, так как диаметры труб получаются очень большими, и стоимость всего сооружения значительно возрастает.

При расчете водосточной сети устанавливают средние показатели, на основании которых определяют размеры сооружений.



Фиг. 160. Схема отвода поверхностных вод.

Отвод воды при применении жолобчатых рельсов. Дождевая вода по уклонам, имеющимся на междупутьи и в пределах колей путей, попадает в жолоб, откуда через специальные отверстия, шириной 20 мм и длиной до 115 мм, выходит в водосточные путевые колодцы или в поперечные лотки (фиг. 160 и 161).



Фиг. 161. Водосточный путевой колодец и лотки:

а — поперечный чугунный лоток; *б* — поперечный мощеный лоток; *в* — путевой водоприемный колодец.

Рекомендуется также применение водоотводных коробок, примыкающих к рельсам (фиг. 162), с отводом воды в колодцы, расположенные в междупутье или в стороне от путей. Для избежания засорения в коробке обычно устраивают небольшой отстойник.

При наличии большого количества воды необходимо устройство двух колодцев (по одному в каждом пути).

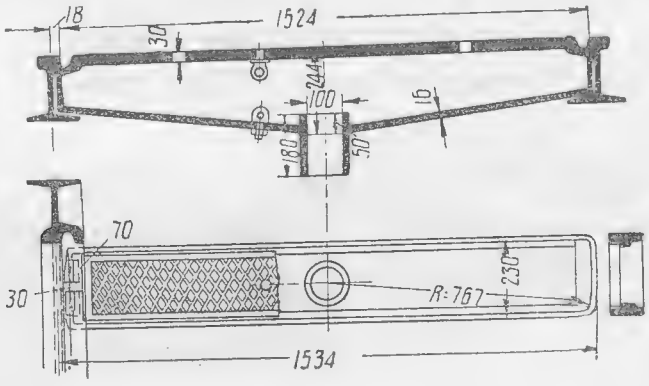
Если же количество воды на данном участке незначительно, то достаточно иметь в междупутье один колодец с отдельными, примыкающими к рельсам, водоотводными коробками в путях трамвая.

Схему отвода воды выбирают в зависимости от местных условий и экономических соображений. Тип отвода поверхностных вод с одной коробкой наиболее целесообразен, так как она слу-

жит приемником воды без устройства дополнительных приспособлений. Необходимое условие хорошей работы водоотводных сооружений — это надлежащая чистота отводящих труб. Поэтому в водоприемных коробках и колодцах необходимо устраивать отстойники.

При рельсах типа Виньоль дождевые воды с полотна путей по уклонам в продольном направлении попадают через отверстия в крышках коробок непосредственно в путевой колодец. Водоотвод устраивается таким образом, чтобы вода, идущая вдоль рельсовых ниток, свободно попадала в коробку.

Если городского водостока нет, то для отвода воды устраивают поперечные лотки, уложенные под путями трамвая и отводящие воду к уличным лоткам (см. фиг. 161).



Фиг. 162. Водоотводная коробка.

Путевой водосточный колодец устраивают из бетонных колец, высотой 0,50 м, в виде отдельных секций, которые могут быть заранее изготовлены на заводе.

Необходимая глубина колодца достигается соединением нескольких колец. Высота каждого бетонного кольца 0,50 м дает возможность устраивать колодцы любой глубины кратной 0,5 м.

Практикой установлено, что диаметр колодца должен быть не менее 0,70 м; при меньшем диаметре рабочий не сможет производить работу и ремонт внутри колодца.

В верхней части путевого колодца, в стенках, устраивают отверстия диам. 30—40 мм, через которые вода, просочившаяся в основание путей, попадает в колодец.

Основанием колодца служит бетонная подушка толщиной 12—15 см.

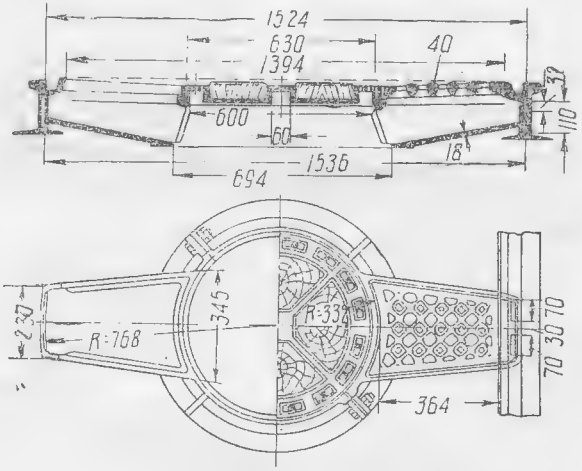
Для отвода воды из колодцев в городской водосток применяют трубы диам. 0,15 до 0,25 м. Трубы диаметром меньше 0,15 м нецелесообразны ввиду их быстрой засоряемости.

Люк с крышкой водосточного путевого (специального) колодца значительно разнится от люка с крышкой городского водосточного колодца. В путевом колодце люк и коробка для приема

воды из жолобов рельсов и с поверхности мостовой в пределах пути должны составлять одно целое. В крышках делают отверстия (фиг. 163), через которые вода с поверхности покрытия путевой колеи попадает в колодец.

Поступающая в путевой колодец вода отводится при помощи гончарных труб в городской водосток. Для избежания засорения труб в колодце должны быть отстойники, для чего трубы, отводящие воду, помещают выше дна колодца на 100—200 мм.

На улицах, не имеющих городских водостоков, отвод поверхностных вод устраивается так, чтобы вода по уклонам продольного профиля пути собиралась к пониженным местам, на которых



Фиг. 163. Люк и крышка путевого водосточного колодца.

под путями трамвая устраивают поперечные лотки чугунные, деревянные или в виде открытых замощенных канавок.

По этим лоткам вода отводится в сторону, к боковым уличным лоткам, и дальше к прилегающим улицам, где имеется городской водосток, или в пониженные точки местности — к рекам, оврагам.

Поперечные деревянные лотки и открытые замощенные канавки устраивают в путях трамвая при небольшом движении экипажей городского транспорта по данной улице или проезду.

От стрелочных коробок попадающая с поверхности вода отводится при помощи чугунных труб, диам. 0,15—0,20 м, в смотровой колодец, который соединен с городским водостоком, или при наличии рядом городского водосточного колодца — непосредственно в него.

На загородных линиях с самостоятельным полотном отвод воды производится обычным способом — открытыми канавами (кюветами), идущими вдоль пути.

При устройстве пути на обособленном полотне отвод воды производится или сбоку от пути лотком или кюветом, идущим вдоль пути, или устройством водосточных путевых колодцев или лотков.

§ 101. Отвод грунтовых вод. Дренажи

Задача отвода грунтовых вод от трамвайного полотна состоит в осушении конструкции пути.

Количество воды, которое необходимо отвести из основания путей трамвая, зависит от размера участка, подлежащего осушению, уклона земляного полотна или дна котлована, расположения участка относительно стран света, высоты над уровнем моря, рода грунта, типа замощения в путях трамвая и в проезжей части улицы.

При проектировании дренажа нужно, чтобы уровень грунтовых вод был понижен на такую глубину, при которой путевое устройство трамвая и его основание оставались вне зоны капиллярного поднятия воды.

Высоту капиллярного поднятия воды нужно принимать:

для глинистых грунтов — 0,8—1,25 м,

для суглинистых и супесчаных грунтов — 0,5—0,8 м,

для мелкопесчаных грунтов — 0,4—0,6 м.

При травянистых и каменистых грунтах с зернами более 0,25 мм высоту капиллярного поднятия не учитывают.

Таблица 25

Наименьшие уклоны дренажных труб

Диаметр трубы, см	Наименьший уклон
4,0	0,0025
5,0	0,0020
6,5	0,0020
Более 8,0	0,0010

Для ориентировочного подсчета количества воды, подлежащей удалению дренажем, можно пользоваться следующими данными:

1) в равнинной местности с небольшими ежегодными осадками — 0,65 л/сек. с гектара осушаемой дренажем площади;

2) в гористой местности со значительными ежегодными осадками — 0,80 л/сек. с гектара осушаемой площади.

Указанные количества воды при тяжелых глинистых грунтах могут быть уменьшены на 60—80%, а при легких и сильно водопроницаемых грунтах могут быть увеличены вдвое.

Скорость воды в дренажных трубах, во избежание отложения осадков, принимают не менее 0,16—0,20 м/сек. и, во избежание подмыва труб, не более 1,0—1,5 м/сек.

Наименьшие уклоны дренажных труб в зависимости от их диаметра указаны в табл. 25.

В зависимости от глубины заложения дренажных труб и свойств грунта дренажная линия осушает прилегающую к ней полосу длиной, примерно, от 8 до 24 м.

Для разных грунтов расстояния между дренажными линиями принимают по табл. 26.

Из таблицы видно, что дренажная линия, уложенная по оси междупутья, вполне осушит полосу, занимаемую двухпутной трамвайной линией при самом тяжелом грунте, ибо полоса, занимаемая двухпутным участком, равна 7 м.

При расчете дренажей принимается площадь, осушаемая дренажной линией между двумя колодцами.

Таблица 26

Расстояние между дренажными линиями

Род грунта	Расстояние между осями дренажных линий, м	Отношение расстояния к глубине
Легкий песчаный	20—24	14—15,6
Песчано-глинистый	18—20	
Глинистый	14—16	10—12
Обыкновенный глинистый с камнями .	12—14	9—10,5
Тяжелый глинистый	10—12	7,5—9
Очень тяжелый глинистый	8—10	7—7,5

Диаметр дренажных труб определяют по номограмме Гергардта (фиг. 164).

Подбор диаметра дренажных труб производится в зависимости от скорости течения воды по трубе и от осушаемой площади в гектарах, при расходе 0,756 л/сек. с гектара [1].

Принимая скорость течения воды в дренажной трубе равной $v = 0{,}20$ м/сек. (по номограмме Гергардта), получим $d = 4$ см.

Диаметр дренажных труб для предохранения их от засорения рекомендуется брать не менее 8—10 см.

Уклон дренажных труб i при $d = 8$—10 см и при минимальной скорости течения воды $v = 0{,}20$ м/сек. определяется по формуле Маннинга

$$i = \frac{n^2 v^2}{R^{1/3}},$$

где: n — коэфициент шероховатости труб,

R — гидравлический радиус,

v — скорость течения воды в трубе.

Для дренажных сетей применяют керамиковые глазурованные или бетонные трубы.

Приводим данные коэфициента шероховатости для этих труб:

1) керамиковые глазурованные трубы: $n = 0{,}010$—$0{,}012$,

2) бетонные трубы: $n = 0{,}013$.

Принимая наполнение трубы $0{,}5\ d$, имеем:

---

[1] При самых неблагоприятных условиях для путей трамвая, широком междупутье, полосе вдоль путей (принятой нами в запас) и расстоянии между колодцами 50 м, получим следующую осушаемую площадь:

$$F = 50\,[2\,(15 + 1{,}5) + 2] = 1750.\ \text{м}^2.$$

Гидравлический радиус

$$R = \frac{\omega}{2} : \frac{P_{см}}{2} = \frac{\pi d^2}{4 \cdot 2} : \frac{\pi d}{2} = \frac{d}{4},$$

где: ω — площадь сечения трубы;

$P_{см}$ — смоченный периметр трубы;

d — диаметр трубы.

Для бетонных труб $d = 10$ см при скорости $v = 0{,}3$ м/сек. уклон:

$$i = \frac{n^2 v^2}{\left(\frac{d}{4}\right)^{4/3}} = \frac{0{,}013^2 \cdot 0{,}3^2 \cdot 4^{4/3}}{0{,}10^{4/3}} = 0{,}00107 \frac{0{,}3^2}{0{,}10^{4/3}} = 0{,}002.$$

Для труб $d = 10$ см при скорости $v = 1{,}0$ м/сек. уклон:

$$i_2 = 0{,}00107 \frac{1{,}0^2}{0{,}10^{4/3}} = 0{,}023.$$

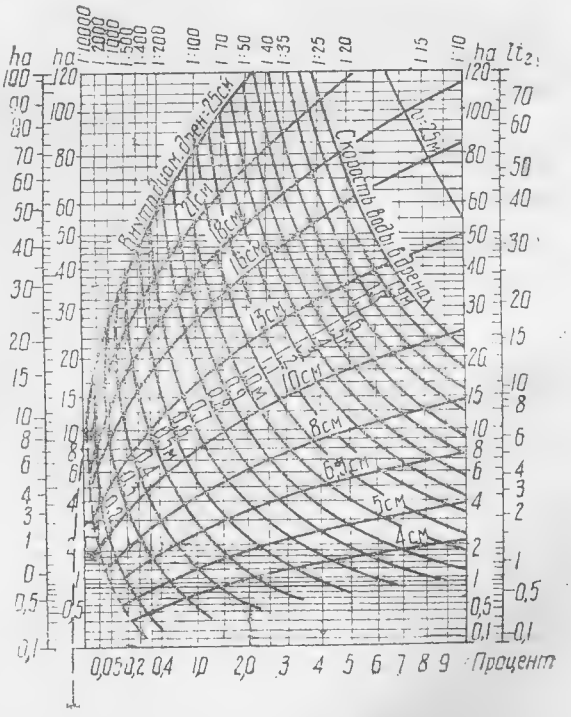
Следовательно, средний уклон дренажных бетонных труб колеблется между 0,002 и 0,023.

При выборе того или иного типа дренажа необходимо выявить преимущества и недостатки существующих схем с технической и экономической стороны, применительно к данным условиям.

Продольно-поперечную дренажную сеть (фиг. 165) нельзя рекомендовать ввиду ряда существенных недостатков:

1) бо́льшая стоимость по сравнению с другими типами дренажей, так как общая длина дренажных труб значительно увеличивается;

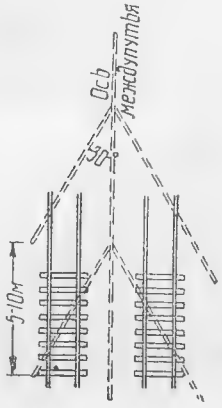
2) нарушение однородности котлована путей, вызываемое поперечными канавками дренажей, и возможность в результате этого местных просадок пути;



Фиг. 164. Номограмма Гергардта для определения диаметра дренажных труб.

3) необходимость вскрытия пути при каждом ремонте дренажа и, следовательно, перекрытия движения, что увеличивает расходы на эксплоатацию и содержание пути;

4) возможность выщелачивания водой грунта и образования пустот в основании с последующей просадкой пути при неправильной укладке поперечного дренажа как трубчатого, так и дренажных канавок.



Фиг. 165. Схема продольно-поперечной дренажной сети.

Значительно лучшие показатели дает дренаж по схеме параллельных дренажных труб, который может быть проведен вдоль путей, по обеим сторонам, вне полосы, занятой путями трамвая (фиг. 166). В этом случае дну котлована пути необходимо придать поперечный уклон в 1—3% от междупутья к обочинам, а стенки котлована для предохранения их от обрушения делать не вертикальными, а с уклоном.

Дренажные колодцы при одностороннем уклоне продольных труб устраивают через 50 м и при двустороннем — через 100 м. Отвод воды в городской водосток может осуществляться из каждого колодца, но не реже, чем через 250—300 м.

Основные достоинства этой системы следующие:

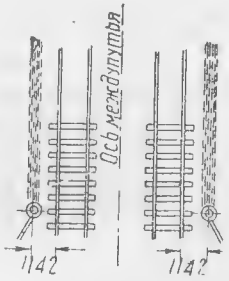
1) не нарушается однородность пути (основания);

2) устройство дренажной сети не связано с разрытием пути трамвая;

3) кроме полосы, занятой под путями трамвая, дренируется и прилегающая к путям полоса проезжей части улицы.

Недостатки данной системы заключаются в том, что:

1) ввиду необходимости устройства двух продольных линий дренажа с соответствующим количеством отстойных колодцев система требует больших затрат;



Фиг. 166. Схема параллельной дренажной сети.

2) для каждой дренажной линии необходимо иметь поперечный отвод в водосточную сеть. При отсутствии с одной стороны улицы водосточной сети неизбежна укладка отводящих воду поперечных труб под путями трамвая.

Дренажная сеть может быть устроена и в виде одной продольной дренажной линии. При этом дренаж может быть запроектирован:

а) по оси междупутья,

б) по одну сторону трассы вне путей,

в) зигзагообразно с пересечением путей.

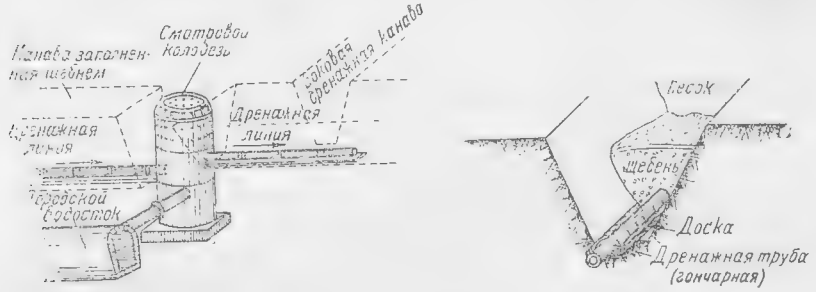
Устройство дренажа зигзагообразно не рекомендуется, так как при этом:

1) нарушается однородность основания путей ввиду пересечения их дренажной сетью,

2) производство дренажных работ вызывает необходимость вскрытия путей, а следовательно, и перекрытия движения, что увеличивает расходы эксплоатации и содержания путей.

В зависимости от местных условий рекомендуется проектировать дренажи по оси междупутья и по одну сторону трассы вне путей.

Существуют две точки зрения о том, каким должен быть дренаж: замерзающим или незамерзающим. Незамерзающий дренаж глубокого залегания значительно понижает уровень грунтовых вод, но работать весной начинает поздно, когда грунт оттает на значительную глубину. Замерзающий дренаж, располо-



Фиг. 167. Конструкция дренажа.

женный обычно на глубине 0,35 м от земляного полотна трамвайных путей, оттаивает почти одновременно с основанием и сразу начинает поглощать воду из основания.

Назначение дренажа — осушить основание трамвайных путей и земляное полотно под основанием на глубину, при которой будет гарантия устойчивости основания. Следовательно, большой глубины дренажных канав для трамвайных путей не требуется. Кроме того, в городских условиях уровень грунтовых вод понижается прокладкой различных подземных сооружений — водопровода, канализации. Поэтому, основным назначением дренажа для трамвайных путей становится отвод поверхностных вод, попадающих в основание, на их верхний слой земляного полотна под основанием. Этой цели больше удовлетворяет замерзающий дренаж неглубокого заложения, который отводит воду в самый опасный для пути момент — весной во время начала оттаивания грунта.

Не исключена, конечно, необходимость иногда и в укладке незамерзающего дренажа глубокого заложения, когда нужно значительно понизить уровень грунтовых вод.

Дренажные канавы, применяемые при устройстве трамвайных путей, могут иметь двоякую конструкцию; или дренажную канаву засыпают слоем дренирующего материала (щебня, гальки), или на дно дренажной канавы укладывают сеть дренажных труб, засыпаемых сверху слоем дренирующего материала (фиг. 167). На дно дренажной канавы укладывают доски с пришитыми к ним брус-

ками, между которыми помещаются дренажные трубы длиной 0,3—0,6 м. Стыки труб перекрывают войлочной лентой. Доски с пришитыми брусками обмазывают с обеих наружных сторон мятой глиной во избежание размывания грунта под доской. После этого канаву засыпают щебнем и накрывают сверху войлоком, чтобы предохранить ее от засорения.

Для возможности прочистки дренажа в трубы закладывают оцинкованную проволоку, выпускаемую в смотровые колодцы.

Смотровые колодцы, располагаемые обычно через 40—50 м, делают из бетонных колец или кирпича.

Дренажные смотровые колодцы нужно присоединять к водосточной сети возможно чаще, чтобы не пропускать лишнюю воду через дренажную сеть.

§ 96. Отвод воды с путей и территории трамвайных парков

Вопрос отвода воды с территории и путей трамвайных парков при отсутствии городского водостока зависит, в первую очередь, от конфигурации местности. Если местность имеет уклон от парка, то водоотвод легко осуществить при помощи системы поверхностных лотков, что достигается соответствующей планировкой. Сложнее отвод воды с открытой площадки для стоянки вагонов, так как она имеет уклон обычно не более 0,0025, что недостаточно для уклона канав. Поэтому здесь лоткам дают обычно пилообразный профиль с отводом воды поперечными лотками или канавами.

При наличии городского водостока вопрос упрощается, и создается внутренняя водосточная сеть депо.

Особых конструкций водоотводных сооружений, специально применяемых для трамвайных парков, не имеется и пользуются обычной системой водоотвода.

Стрелки на территории депо желательно также присоединить к водостоку.

ГЛАВА VII

ВЕРХНЕЕ ПОКРЫТИЕ ТРАМВАЙНЫХ ПУТЕЙ

§ 103. Назначение и типы покрытий

Верхнее покрытие трамвайных путей, уложенных в одном уровне с проезжей частью улиц, имеет назначением полное или частичное использование полотна трамвайных путей для движения безрельсового городского транспорта.

Покрытия в трамвайных путях имеют то же назначение, что и проезжих частей улиц, — создать условия плавности движения экипажей безрельсового транспорта. Условия же работы верхнего покрытия в путях трамвая значительно отличаются от условий покрытия проезжих частей улиц.

К трамвайному пути предъявляется основное требование, — чтобы он был упругим. От действия нагрузки трамвайный путь, состоящий в большинстве случаев из рельсов на шпальных основаниях, прогибается. Постоянные упругие прогибы рельсов и шпал вредно действуют на верхнее покрытие, расстраивая его и образуя разрыв между рельсом и мостовой, так как полотно мостовой, не подвергающееся одновременной нагрузке с рельсами, естественно не может следовать за упругими деформациями рельсов. В то же время правильно устроенное покрытие на проезжей части улицы, имеющее выпуклый профиль, при давлении на него колес безрельсового транспорта работает более равномерно, и работа его приближается к работе свода.

Одно из требований, предъявляемых ко всякому покрытию улиц, это его водонепроницаемость. Разные типы покрытий удовлетворяют этому требованию по-разному, но во всяком случае покрытия в проезжей части улиц значительно более водонепроницаемы, чем в трамвайных путях. В месте сопряжения верхнего покрытия с рельсами всегда имеется разрыв, способствующий попаданию воды в основание.

Покрытия в проезжей части улиц укладываются на основании любой достаточной толщины, почему отдельные камни мостовой работают в одинаковых и благоприятных условиях. В трамвайных же путях на шпальном основании работа мостовой, лежащей над шпалами, значительно отличается от мостовой, лежащей между шпалами. Кроме того, конструктивная высота слоя для мостовой с основанием равна высоте рельсов, — от 13 до 18 см. Для нормальной работы мостовой эта величина недостаточна. Камни, ле-

жащие над шпалой, почти не имеют песчаного основания, а лежат на шпале, в то время как камни, лежащие между шпалами, имеют достаточное основание и, как бы тщательно ни производились мостовые работы, просадка мостовой между шпалами будет больше, и мостовая принимает волнообразный вид.

Для улучшения устойчивости мостовой на шпальных основаниях укладывают продольные брусья высотой 80—110 мм, чем создается более равномерная постель под мостовой. Но это улучшающее качество мостовой приводит к более быстрому расстройству пути, так как путь получается менее устойчивым. Укладка продольных брусьев оказывается полезной только при замощении брусчатой мостовой.

Верхнее покрытие узлов (специальных частей) еще в большей степени неблагоприятно по сравнению с проезжей частью улицы. На узлах пересечение покрытия рельсовыми нитками гуще и неизбежные динамические воздействия на специальные части и стыки вызывают расстройство верхнего покрытия.

Поэтому требования, предъявляемые к мостовым работам в трамвайных путях, должны быть более повышенными, чтобы в результате получить мостовые, равные по качеству мостовым в проезжей части улиц.

Устойчивость покрытий во многом зависит от конструкции пути и особенно нижнего строения его, поэтому конструкция верхнего и нижнего строений определяет тип верхнего покрытия пути.

С точки зрения благоустройства улиц желательно иметь верхнее покрытие трамвайных путей такого же типа, как и остальной проезжей части улицы. Однако, тип верхнего покрытия, в свою очередь, требует определенного основания, что не всегда возможно и экономически выгодно осуществить на трамвайных путях. Поэтому часто тип замощения полосы в путях трамвая отличается от замощения проезжей части улиц.

Наиболее слабое место верхнего покрытия в путях трамвая это сопряжение верхнего покрытия с рельсом. Под влиянием нагрузки от движения вагонов рельс, вследствие упругости трамвайного пути, прогибается и получает колебательное движение. Вибрация рельса оказывает большое влияние на устойчивость сопряжения верхнего покрытия с рельсом еще и тем, что балласт, находящийся в пазухе рельса (пространство между головкой, подошвой и шейкой рельса), постепенно уплывает, проваливаясь вниз даже и без воздействия воды, и уплотняет пустоты в балласте ниже подошвы рельса, образуя в пазухе пустоту, в которую и проваливаются камни или асфальт, прилегающие к рельсу. Вода с поверхности улицы, проникая через разрывы между рельсом и мостовой в основание пути, еще больше разрыхляет, размывает балласт и, увлекая мелкие частицы за собой, увеличивает пустоты в замощении и основании. При последующих проходах вагонов, вследствие податливости разрыхленного грунта и наличия пустот, прогибы и колебания рельса увеличиваются, а вместе с этим увеличиваются и разрывы между рельсами и мостовой, ускоряя тем ее разрушение.

С целью большей устойчивости верхнего покрытия в месте сопряжения его с рельсами и для противодействия проваливанию камней в пазухи рельсов, последние при всех типах покрытий закрывают специальными фасонными деревянными брусьями (см. фиг. 41, стр. 74) или заделывают бетоном.

Кроме того, при шпальных основаниях, для создания большей однородности основания под верхним покрытием рекомендуется шпальные ящики замащивать мелким булыжным камнем или заполнять утрамбованным щебнем с проливкой цементным раствором.

Нормально на трамвайных путях, располагаемых в одном уровне с проезжей частью, укладывают рельсы Феникс и по отношению к ним верхнее покрытие устраивают в уровень с головкой рельса. Но иногда применяют и рельсы Виньоль. В этом случае при примыкании замощения к головке рельса необходимо оставить канавку для прохода реборды бандажа.

При выборе типа верхнего покрытия полосы трамвайных путей учитывают:

а) продольный профиль путей;
б) напряженность движения безрельсового транспорта;
в) род движения (автомобильное, конное, смешанное);
г) санитарно-гигиенические требования;
д) архитектурно-художественные соображения;
е) наличие местных дорожных материалов;
ж) необходимость вскрытия мостовой для ремонта и текущего содержания пути;
з) экономические соображения.

Верхние покрытия трамвайных путей, так же как и проезжей части улиц, делятся на штучные и бесшовные.

К штучным покрытиям относятся замощения различным камнем и деревянные: булыжные мостовые, брусчатые, мозаиковые, клинкерные, деревянные торцовые.

К бесшовным покрытиям относятся асфальтовые. К ним же можно отнести получившие в последнее время распространение покрытия из асфальтовых кирпичей: при наружном виде, мало отличающемся от асфальтовых покрытий, они дают значительно более устойчивое сопряжение с рельсами.

Каменные материалы для верхнего покрытия трамвайных путей применяются такие же, как и для покрытий городских улиц. Технические условия на каменные материалы почти не отличаются от тех, которыми пользуются в дорожном хозяйстве.

§ 104. Булыжные мостовые

Булыжные мостовые еще до настоящего времени имеют наиболее широкое распространение вследствие дешевизны их постройки. Однако, они не удовлетворяют требованиям благоустройства городов из-за пыльности, большой тряски при езде по ним и значительной водопроницаемости.

Булыжные мостовые устраивают из мелкого валунного камня (кругляка или булыжника) или из грубоколотого камня (шашки).

Камень, применяемый для мостовой в путях трамвая при шпальных основаниях, должен по размерам соответствовать высоте рельса минус 3—5 см, идущие на основание под мостовую. Следовательно, высота камня при рельсах Виньоль должна быть 10—12 см, а при рельсах Феникс 13—15 см. Чем крупнее камень, тем устойчивее мостовая. При бесшпальных основаниях может применяться булыжный камень любой крупности.

Основание под булыжные мостовые устраивают из песка, удовлетворяющего условиям для нормального балласта.

Иногда, для более равномерной осадки мостовой при шпальных основаниях и большей ее устойчивости, шпальные ящики замащивают. Этим создается более равномерное основание под мостовую, и волны, характерные для мостовой на шпальных основаниях, наблюдаются значительно меньше.

Замощение шпальных ящиков можно производить и камнем пониженной твердости (бутовым), так как он служит лишь основанием для мостовой, а непосредственную нагрузку не воспринимает.

При шпально-щебеночных основаниях шпальные ящики необходимо замащивать или засыпать тем же балластным щебнем с проливкой цементным раствором, чтобы песок основания под мостовую не просыпался в пустоты щебня и тем не расстраивал бы мостовую.

Пазы рельсов закладывают специальными фасонными брусьями или обмазывают цементным раствором с песком.

Заполнение швов булыжной мостовой производится расщебенкой их щебнем размером до 25 мм, с последующей засыпкой высевками, а иногда и песком.

Практикующаяся засыпка мостовой сверху песком улучшает качество мостовой, но создает большую пыль, особенно в жаркое время, а доброкачественное заполнение пустот в мостовой щебнем, трамбование и последующая засыпка высевками дают достаточную сохранность мостовой.

§ 105. Брусчатые мостовые

Брусчатые мостовые принадлежат к усовершенствованным типам покрытий. В настоящее время, пока вопрос о сопряжении асфальта с рельсом не получил удовлетворительного разрешения, этот тип покрытий нужно считать лучшим для путей трамвая, особенно из рельсов Феникс, так как он дает наибольшую устойчивость мостовой и пути.

Износ рельсов в путях с брусчатой мостовой можно допускать выше предельного, так как брусчатая мостовая до некоторой степени предохраняет рельсы, сохраняя лучше других покрытий направление пути и его устойчивость.

Брусчатые мостовые устраивают из камней твердых пород, имеющих форму параллелепипедов со скошенными боковыми гранями и удовлетворяющих требованиям технических условий. Отдельные камни брусчатой мостовой имеют следующие размеры: высота от 10 до 16 см; длина от 15 до 25 см и ширина от 9 до 15 см.

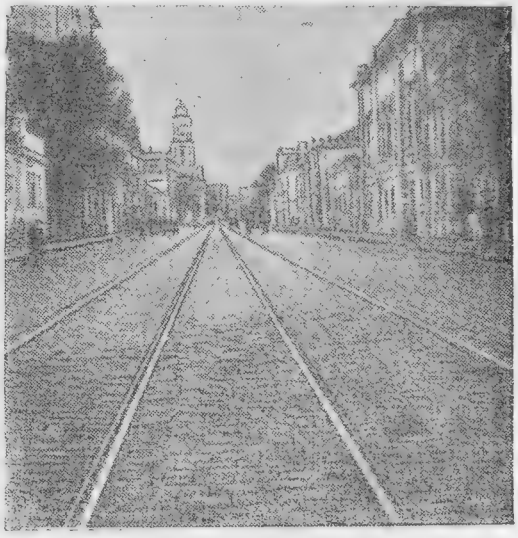
Для замощения трамвайных путей, уложенных из рельсов Виньоль, можно применить только низкую брусчатку; высокая брусчатка допускается при рельсах Феникс, однако, применение ее и в этом случае нежелательно.

Основание под брусчатую мостовую в трамвайных путях устраивают из песка, удовлетворяющего требованиям нормального балласта.

Для увеличения толщины слоя песчаного основания под брусчаткой и повышения качества покрытия с большим успехом можно применять основание из шпал, на которые под рельсы укладывают брусья толщиной 8—10 см.

Междушпальные ящики желательно замащивать булыжным или бутовым камнем, а при устройстве шпально-щебеночных оснований засыпать щебнем с проливкой цементным раствором.

Пазы рельсов заделывают деревянными фасонными брусьями или обмазывают цементным раствором с песком.



Фиг. 168. Брусчатая мостовая в путях трамвая.

Брусчатку в путях трамвая укладывают следующим образом (фиг. 168): с наружной стороны каждого пути укладывают ленты брусчатки, располагаемые вдоль рельсовой нитки по четыре ряда с каждой стороны, в пути и в междупутьи брусчатку укладывают поперек, перпендикулярно рельсовым ниткам. Такая форма укладки применяется для удобства перемощения брусчатки при производстве путевых работ.

Иногда же брусчатку укладывают однотипно с проезжей частью, не оставляя лент вдоль наружной стороны рельсового пути. Но этот способ хуже, так как при ремонте путей получается рваная граница, остающаяся и после замощения путей. Во всех случаях соблюдают правило перевязки швов. Швы брусчатой мостовой нужно заполнять на $^1/_3$ высоты камня битуминозными материалами или цементным раствором. При обычном же способе заполнения швов (крупнозернистым песком с проливкой его водой) не создается хорошей водонепроницаемости.

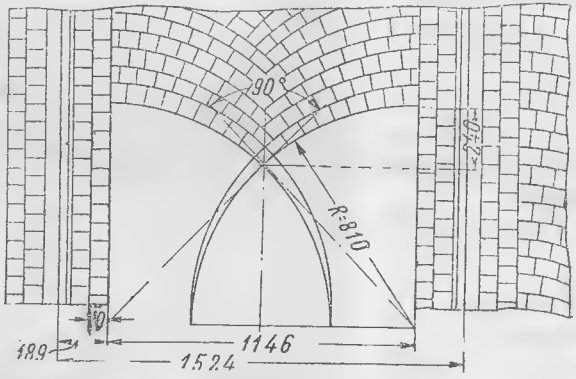
Профиль брусчатой мостовой в пределах трамвайного полотна, расположенного по оси проезда, устанавливается: на междупутьи двухскатным (выпуклым), а в пути — односкатным (прямым), зависимым от превышения внутренних ниток пути.

При наличии на мостовой прямоугольных крышек смотровых колодцев ряды брусчатки располагают вплотную к крышке без зазоров. При круглых крышках укладывают ряды мозаиковых шашек, окаймляющих крышку, или камни брусчатки окалывают.

§ 106. Мозаиковые мостовые

Мозаиковая мостовая (клейнпфлястер) устраивается из каменных брусков кубической формы размером 8—11 см. Мозаиковая мостовая из-за незначительной высоты отдельных камней (8—11 см) удобна для замощения трамвайных путей и достаточно устойчива.

Основание под мозаиковую мостовую в трамвайных путях



Фиг. 169. Мозаиковая мостовая (клейнпфлястер) — фигурное замощение

устраивают обычно бетонное. Кубики мозаики выравнивают на основании слоем песка в 3—4 см. Иногда основанием для мозаиковой мостовой, обычно при устройстве пути на шпальном основании, служат шпалы с замощением шпальных ящиков и песчаная прослойка толщиной в соответствии с высотой рельсов.

Пазы рельсов закладывают фасонными брусьями или обмазывают цементным раствором с песком. Шашку при устройстве мозаиковой мостовой укладывают продольными и поперечными рядами, по дугам круга, по диагонали и по специальным рисункам (фиг. 169). В трамвайных путях часто устраивают мозаиковую мостовую по дуге круга с хордой, равной 1,5 м, реже прямыми рядами. Последний вид замощения менее практичен.

Швы мозаиковой мостовой, с целью получения водонепроницаемости покрытия и лучшей устойчивости отдельных камней, заполняют цементным раствором; применяют иногда заполнение песком, но это нежелательно.

Поперечный профиль мозаиковой мостовой принимают такой же, как и для брусчатой мостовой.

Окаймление смотровых колодцев при устройстве мозаиковой мостовой осуществляется наиболее легко и красиво.

§ 107. Клинкерные мостовые

Мостовые из клинкера, получаемого обжигом тугоплавких глин, строят, главным образом, там, где имеются поблизости клинкерные заводы или где естественный камень дефицитен. Размеры клинкера обычно принимаются: длина 220 мм, ширина 110 мм, высота 65—75 мм.

Основанием клинкерных мостовых в путях трамвая обычно служит песок, удовлетворяющий требованиям нормального балласта. Реже устраивают бетонное основание.

Замощение шпальных ящиков при шпальных основаниях обязательно.

Различают следующие формы укладки клинкерной мостовой: нормально оси мостовой, в прямую елку, в косую елку, под углом в 45° к оси улицы. Клинкерную мостовую в полосе пути и междупутьи укладывают нормально оси пути с 1—2 продольными рядами вдоль рельсовых ниток. С наружной стороны путей клинкерную мостовую устраивают такой же формы, как и на проезжей части улицы, но с 1—2 продольными рядами вдоль рельсовых ниток.

Клинкер при песчаных основаниях ставят на ребро лучшей стороной вверх.

Ввиду того, что клинкер имеет правильную форму, швы мостовой очень незначительны и их заполняют обычно песком с проливкой его водой, а иногда цементным раствором.

Поперечный профиль клинкерной мостовой устраивается такой же, как и брусчатой.

Клинкерные мостовые на песчаном основании в полосе трамвайных путей не вполне устойчивы.

§ 108. Деревянные торцовые мостовые

Торцовые мостовые особого распространения не получили и применяются, главным образом, для замощения трамвайных путей на мостах и путепроводах с целью уменьшения веса покрытия. Преимущество торцовых мостовых заключается в их бесшумности и отсутствии пыли. Недостаток их — малый срок службы.

Торцовую мостовую устраивают из шестигранных или прямоугольных брусков высотой 10—13 см, изготовляемых, главным образом, из сосны, лиственницы или ели. Бруски пропитывают креозотом для предохранения от загнивания.

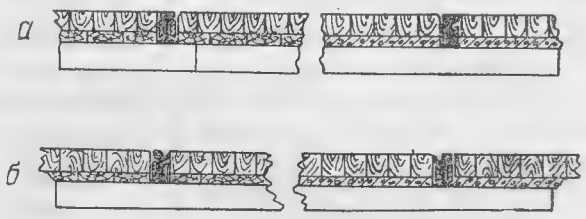
Основанием торцовых мостовых в трамвайных путях служит обычно деревянный настил (фиг. 170), укладываемый непосредственно по шпалам и лагам. Настил устраивают из чистообрезных досок толщиной 4—6 см. Доски укладывают с зазором до 6 мм и прибивают к лагам гвоздями. Лаги укладывают под настил на междупутье и заводят концами под подошвы ближайших к междупутью рельсов.

В пазы рельсов укладывают фасонные брусья.

При устройстве торцовой мостовой из прямоугольных брусков их укладывают поперечными рядами.

При применении шестигранных брусков вдоль рельса укладывают один ряд из прямоугольных брусков длинной стороной вдоль рельса в полосе путей и междупутья и три-четыре ряда на обочине путей. Шестигранные шашки укладывают так, чтобы две грани были параллельны рельсам.

При устройстве торцовой мостовой при рельсах Виньоль взамен однорядного борта с внутренней стороны укладывают



Фиг. 170. Торцовая мостовая на деревянном настиле:
а — при рельсах Виньоль; *б* — при рельсах Феникс.

брус со скошенным краем, образующий жолоб для прохода реборды.

После настилки торцовую мостовую промазывают горячей смолой и посыпают крупнозернистым песком.

§ 109. Асфальтовые покрытия трамвайных путей

Асфальтовые покрытия в трамвайных путях за последнее время получили широкое распространение ввиду того, что они создают однотипность с покрытием проезжих частей улиц.

Асфальтовые покрытия трамвайных путей устраиваются обычно в два слоя: нижний — биндер или крупнозернистый асфальт толщиной 4 см и верхний — шитт-асфальт или мелкозернистый асфальт толщиной 3 см. Первый слой рекомендуется обрывать, не доходя до рельсовой нитки на 30 см, заполнив эту часть исключительно составом верхнего слоя.

Биндер представляет собой смесь щебня размером до 25—30 мм, песка, тонко размолотого минерального порошка (заполнителя) и вяжущего материала (битума). В мелкозернистом асфальте размер щебня несколько меньше, чем в биндере (до 15 мм).

Шитт-асфальт — песчаный асфальт, приготовленный без щебня.

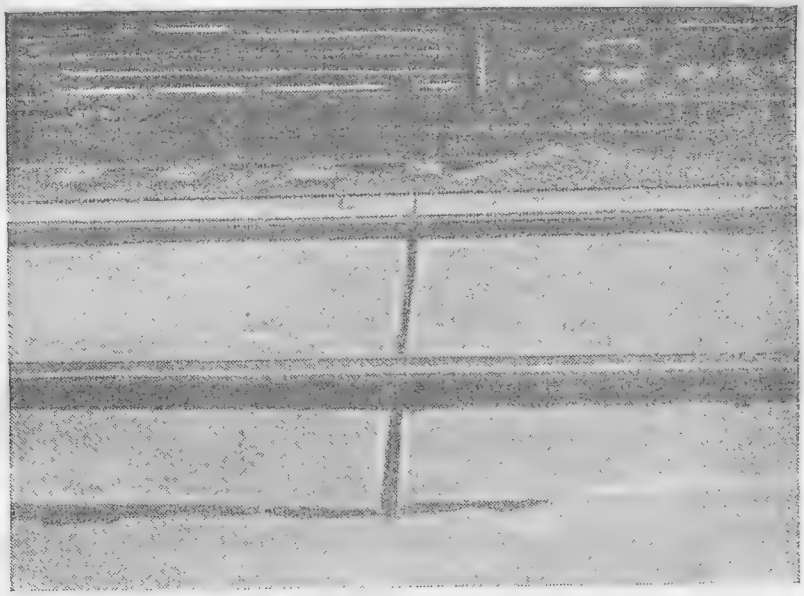
Наиболее устойчивое основание бетонное — оно создает наибольшую прочность асфальтовому покрытию.

Бетонное основание устраивают на 7 см ниже головки рельса с оставлением у рельса пазух шириной по 12—15 см с каждой стороны.

Широко применяются основания из щебня. Щебеночные основания под асфальтовые покрытия устраивают рассыпкой щебня и укаткой его катками. При щебеночных основаниях первым слоем асфальтового покрытия должен быть биндер.

Основание из булыжного замощения устраивать не рекомендуется, так как оно не дает достаточной устойчивости асфальту.

Кроме того, с целью облегчения ремонтных работ и в то же время получения прочного и устойчивого асфальтового покры-



Фиг. 171. Основание из железобетонных блоков.

тия, основания устраивают из железобетонных плит (блоков) (фиг. 171). Длина плит 2,4. Концы плит опираются на шпалы. Размер плит соответствует рельсовой колее и обочинам и принят, с учетом пазухи в месте расположения рельса, равным 1280 мм внутри колеи и 480 мм на обочинах.

Результаты опытного применения железобетонных блоков в качестве основания под асфальт удовлетворительные. Блоки работают не хуже других применяемых типов оснований под асфальт (бетонных, щебеночных).

Но все виды асфальтовых бесшовных покрытий неудовлетворительно работают в сопряжении с рельсами. Средняя часть полотна пути и междупутья бывает достаточно устойчива, кромки же асфальта и рельсов быстро разрушаются, и покрытие приобретает неряшливый вид.

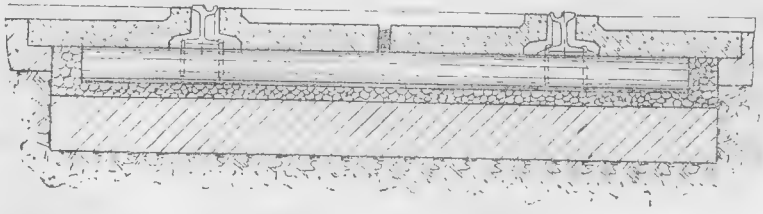
Было много попыток у нас и за границей создать такую конструкцию асфальтового покрытия в путях трамвая, которая бы надежно работала рядом с рельсом. Некоторые наиболее удачные конструкции будут разобраны ниже.

Отсутствие правильного разрешения этой проблемы заставляет в отдельных случаях отказаться от применения асфальтового бесшовного покрытия в трамвайных путях и заменить его штучным каменным покрытием. Лучше иметь хорошее покрытие, например, из брусчатки, отличающееся от асфальтового покрытия проезжей части, чем иметь хотя и однотипное, но плохое асфальтовое покрытие.

В последнее время вместо бесшовного асфальтового покрытия начали применять покрытие из асфальтовых кирпичей. Это покрытие показало себя значительно устойчивей бесшовного асфальтового и особенно в сопряжении с рельсом. Наружный же вид его мало отличается от бесшовных покрытий.

§ 110. Особые конструкции примыкания верхнего покрытия к рельсам

Основной недостаток всех конструкций верхнего покрытия трамвайных путей, а особенно асфальтовых покрытий, как уже указывалось, это сопряжение асфальта с рельсом. Этому вопросу давно уже уделяется большое внимание и было испробовано большое количество разных составов асфальта и асфальтобетона, но удовлетворительных результатов пока не получено. Пытались устраивать бетонное основание под асфальт до шейки рельса, но



Фиг. 172. Основание из железобетонных блоков системы инж. Н. В. Разумовского.

оно со временем разрушается и если и работает хорошо в первое время, зато вызывает серьезные неудобства при ремонте верхнего строения пути.

Лучшие результаты дает заполнение рельсовой пазухи битуминозными материалами и просмоленным пеньковым канатом. Но все же и эти меры не разрешают окончательно вопроса о сопряжении рельса с асфальтовым покрытием.

Некоторые трамвайные предприятия осуществляют сопряжение асфальтового покрытия с рельсами при помощи каменных брусков (брусчатки), устанавливаемых на горячем асфальте по одному ряду вдоль рельсов, с внутренней и с наружной стороны, с заливкой между камнями и рельсами битумом. Этот способ дал хорошие результаты, и основной недостаток асфальтовых покрытий — выпучивание асфальта у рельсов — почти не проявляется.

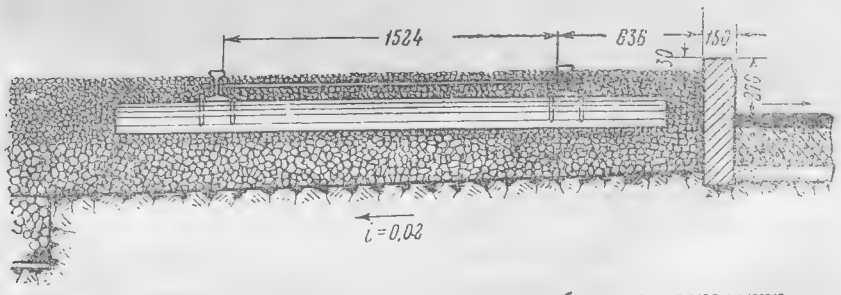
На Московском трамвае Н. В. Разумовским предложены специальные железобетонные блоки с выпуском бетона к головке и губке рельсов (фиг. 172). Длина блоков принята равной 1,2 м из расчета опирания на три шпалы. Вес блока около 250 кг. Можно ожидать, что эти блоки при применении цветного бетона, близкого к цвету асфальта, дадут благоприятное разрешение вопроса о покрытии в путях трамвая.

За границей большое распространение получила закладка вдоль шейки в пазухи рельсов различных искусственных фасонных камней. Шов между головкой рельса и верхним покрытием заполняют различными патентованными составами, имеющими свойство сохранять некоторую густоту при высоких температурах и эластичность при низких, что создает возможность увязать работу рельса с работой покрытия.

Но все эти устройства не разрешают вполне удовлетворительно проблемы сопряжения верхнего, особенно бесшовного покрытия с рельсом и требуют дальнейших исследований и опытов.

§ 111. Оформление обособленного полотна

Обособленное полотно трамвайных путей должно быть оформлено таким образом, чтобы трамвайное полотно не нарушало общего благоустройства города.



Фиг. 173. Обособленное полотно на шпально-щебеночном основании.

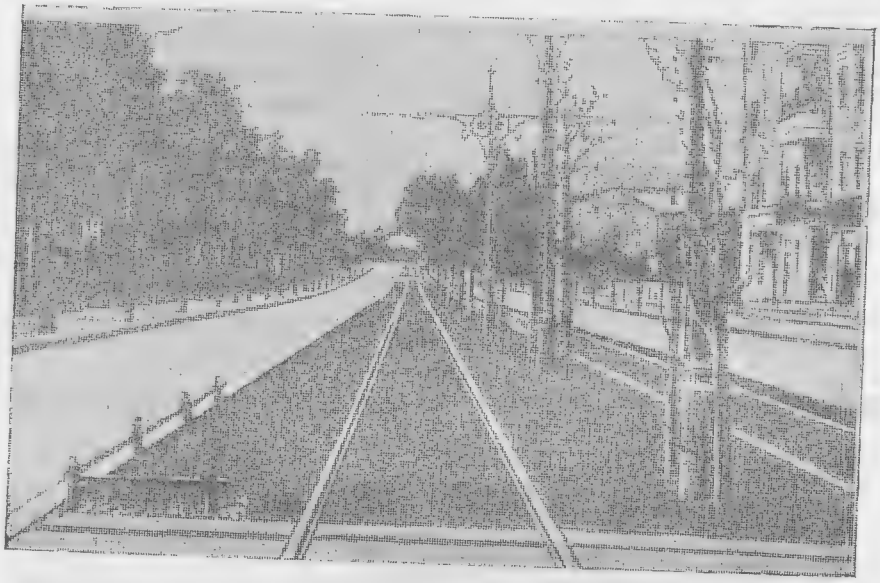
Различают два вида обособленного полотна — на загородных линиях и в городских проездах.

На загородных линиях трамвайное обособленное полотно оформляется по типу нормальных железнодорожных путей с кюветами, бровками земляного полотна, причем засыпка балластом может быть произведена или до головки рельса или до верхней постели шпал. Балласт для засыпки полотна применяется такой же, как и для слоя под шпалами.

Типов же оформления обособленного полотна трамвайных путей, расположенных в городских проездах, очень много. Это зависит от ряда местных условий: расположения полотна трамвайных путей в поперечном профиле улицы, ширины улицы, типа покрытия проезда, архитектурно-планировочного оформления улицы, способа отвода поверхностных и грунтовых вод.

Конструкция простейшего типа обособленного полотна при шпально-щебеночном основании (фиг. 173) состоит в следующем.

Трамвайные пути из рельсов типа Виньоль на шпально-щебеночном основании приподняты над проезжей частью улицы на 15—25 см и изолированы от проезжей части бетонным бортом. Опоры для подвески контактного провода в этом случае могут быть установлены по оси междупутья и на тротуаре. Полотно



Фиг. 174. Обособленное полотно шириной от головки рельса до борта больше 1,5 м.

засыпано до головки рельсов щебнем такого же типа, как и балластный слой. При подходе трамвайного пути к пересечениям проездами профиль пути постепенно понижается и в месте пересечения идет в уровень с проезжей частью.

Недостаток данного типа обособленного полотна тот, что остановочные площадки (рефюжи) выходят на проезжую часть улицы, сужая ее. Это нецелесообразно, так как остановки располагаются, главным образом, у перекрестков, где особенно ощущается потребность в расширении проезжей части улицы для разделения потоков движения безрельсового транспорта по трем возможным направлениям. Более целесообразно было бы принять конструкцию обособленного полотна, позволяющего устроить остановочные площадки в пределах полотна без сужения проезжих частей улиц (фиг. 174).

Конструкция трамвайных путей, уложенных на обособленном полотне, отличается следующими особенностями:

1. Основание под путями устраивается шпальное с щебеночным или песчаным балластом.

2. Верхнее строение путей устраивается из рельсов типа Виньоль на перегонах между перекрестками (в пределах обособленного полотна), а на перекрестках иногда вставляют звенья желобчатых рельсов Феникс для облегчения сопряжения с дорожным покрытием и создания большей сохранности покрытия от разрушения.

3. Покрытие трамвайных путей на городских линиях производится обычно гранитным или цветным (кирпичным, шлаковым) щебнем, а на загородных линиях может производиться крупнозернистым песком и гравием.

На некоторых трамвайных линиях в Бирмингаме (Англия) применяется покрытие всей зоны обособленного полотна зеленым газоном, что не всегда может быть рекомендовано, так как способствует засорению балласта в путях и ухудшает условия быстрого отвода воды. Такой тип покрытия был применен и в Москве на Неглинном бульваре, но от него отказались и в настоящее время заменили засыпкой щебнем до головки рельса.

Тип покрытия трамвайных путей выбирают на основе экономических соображений (использование дешевых и местных материалов), эксплоатационно-гигиенических показателей (очистка полотна, борьба с пылью) и декоративно-эстетических требований в отношении увязки с общим оформлением улицы.

4. Отвод воды из обособленной зоны трамвайных путей осуществляется, в большинстве случаев, при помощи дренажа, прокладываемого вдоль междупутья; при наличии самодренирующих грунтов и при достаточном уклоне продольного профиля, дающих гарантию быстрого естественного удаления поверхностных вод, устройство дренажа не требуется.

5. Сопряжение обособленного полотна трамвайных путей с проезжей частью улицы, имеющей усовершенствованное дорожное покрытие, осуществляется при помощи продольного ряда бортовых камней (поребрика), возвышающихся на 0,15—0,25 м, а чаще всего на 0,20 м над уровнем проезда. Помимо бортовых камней устанавливают иногда низкую металлическую или деревянную решетку. Такие ограждения можно ставить только при применении уширенного обособленного полотна. При узком полотне решетки только увеличивают возможности несчастных случаев с пассажирами.

На перекрестках обособленное полотно прерывается, пути трамвая замащивают для свободного пересечения их безрельсовым транспортом и пешеходами. Разность уровней поверхности рельсов и проезда сводят к нулю на коротких подходных участках (5—10 м), изменяя продольный уклон рельсового пути, а в некоторых случаях и проезда.

Свободные боковые зоны обособленного уширенного трамвайного полотна, дающие возможность расположения остановок в пределах полотна, на перегонах между перекрестками или

остановочными площадками засаживают обычно низкорослыми декоративными кустарниками или деревьями с неширокой кроной.

В некоторых случаях в качестве покрытия обособленного полотна применяют замощение его булыжным или другим штучным камнем, или даже асфальтирование. Если данная мера не вызывается какими-либо особыми соображениями или требованиями (расположение сбоку проезжей части с частыми выездами из дворов, расположение пути на мостах), то она, не принося пользы, излишне удорожает оформление полотна.

ГЛАВА VIII

ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И КАПИТАЛЬНОМ РЕМОНТЕ ТРАМВАЙНЫХ ПУТЕЙ

§ 112. Основные принципы организации путевых работ

1. Организация работ в зависимости от различных условий

Работы при строительстве и капитальном ремонте трамвайных путей большей частью производятся в пределах городских улиц, что вызывает значительное усложнение из-за различных местных условий и необходимости учитывать общее благоустройство города.

При организации путевых работ приходится учитывать:

а) наличие движения по существующим трамвайным линиям в месте пересечения или присоединения их к новым путям, а при капитальном ремонте наличие движения на ремонтируемой линии;

б) необходимость производства работ без стеснения уличного движения безрельсового транспорта и пешеходов;

в) степень благоустройства улиц, на которых производятся путевые работы;

г) наличие подземных сооружений (водопровода, канализации, телефонных и электрических кабелей), которые в той или иной степени могут быть затронуты путевыми работами.

Организация работ в зависимости от наличия трамвайного движения. Строительство и капитальный ремонт трамвайных путей с устройством усовершенствованных оснований (бетонных, шпально-щебеночных, щебеночно-пакеляжных) ведут с перекрытием трамвайного движения во всех случаях, за исключением незначительных по объему работ на узлах.

Перекрытие движения может осуществляться или переключением его на соседние параллельные улицы, имеющие трамвайные пути, или переводом движения на отдельных участках на длине около 500 м на один путь с устройством временных стрелочных переводов, или обходных путей. Способ перекрытия движения выбирают в зависимости от местных условий.

Для уменьшения срока перекрытия движения работы ведут круглые сутки (в три смены).

Капитальный ремонт путей с устройством шпально-песчаного основания можно производить с перекрытием трамвайного движения — днем и без перекрытия — ночью. Продолжительность ночной работы определяется в зависимости от сложности и объема работы и по местным условиям. Можно производить перекрытие движения на несколько ночных часов. Работу ведут отдельными небольшими участками, чтобы закончить ее в одну ночь. Работу днем можно производить в том случае, когда перекрытие движения не сложно и не сильно отражается на удобстве пассажиров.

Капитальный ремонт на вылетных линиях с незначительной интенсивностью трамвайного движения можно производить также с прекращением движения на ремонтируемом участке. В этом случае движение на остальной части вылетной линии поддерживается при помощи «челноков» — вагонов, совершающих движение по одному пути. Такой же вид движения может практиковаться и в том случае, когда вызывается необходимость в перекрытии одновременно двух путей при невозможности переключить движение на параллельные линии (главным образом, на узлах). Время прекращения движения должно быть, по возможности, сокращено.

Организация работ в зависимости от движения безрельсового транспорта. Строительство и капитальный ремонт трамвайных путей можно производить: с полным закрытием автогужевого движения на всей улице; с закрытием движения по одной стороне улицы; с частичным закрытием движения на отдельных незначительных участках улицы и прилегающих переулков; без закрытия автогужевого движения.

Полное закрытие автогужевого движения на улице возможно лишь в том случае, когда работу нужно вести одновременно на двух путях, а ширина улицы между тротуарами меньше 12 м.

Если работу ведут на одном пути, автогужевое движение производится только по одной стороне улицы, при ширине половины улицы (от оси междупутья трамвайных путей до тротуара) меньше 6 м. При большей же ширине вдоль тротуара оставляют проезд для безрельсового транспорта.

При большей ширине улиц автогужевое движение не перекрывают.

На пересечении улицы с переулками должен быть предусмотрен прямой проезд через фронт работ в случае значительного интенсивного движения в этом направлении. Для этой цели устраивают временные шпальные мостики шириной не менее 5 м. Движение незначительной интенсивности может быть переведено на соседние улицы.

Если перекрывается одна половина улицы, то для отдельных дворов, пользующихся автогужевым транспортом, также должны быть устроены из шпал временные переезды шириной 2,5 м. Временные переезды устраивают только в том случае, когда продолжительность работы больше одной ночи или одного дня.

Место работ должно быть ограждено. Тип ограждений должен соответствовать стандартам, установленным городскими организациями.

Организация работ в зависимости от благоустройства территории работ. К строительству или ремонту пути можно приступить только тогда, когда имеются в наличии все необходимые материалы.

Потребные материалы могут находиться на линии или на складе, так как предварительная заготовка материалов на линии не всегда осуществима и рациональна. Например, на узких улицах, а также на благоустроенных улицах в центре города предварительную заготовку материалов на месте работ производить невозможно. При крупных работах предварительно заготовлять полное потребное количество материалов и особенно балласта нецелесообразно, более выгодно ссыпать его непосредственно в устраиваемый путь. Этот способ требует большой четкости работы транспорта и хорошей организации строительных работ.

Для ускорения темпов и общей организации ремонтных работ на линии предварительная заготовка материалов на месте работ, их правильное распределение имеет громадное значение.

В этом случае предварительная заготовка материалов на месте работ должна соответствовать категории путей, зависящей от общего благоустройства территории работ.

На загородных линиях, когда для трамвайного пути имеется специальная полоса отвода и когда трамвайные пути не находятся в зависимости от проезжей части улиц, работы могут быть организованы любым способом. Варианты организации работ нужно сравнивать исключительно с экономической точки зрения. В этом случае и заготовку материалов на месте работ можно осуществлять полностью.

На второстепенных слабо благоустроенных улицах, где позволяет ширина проезжей части, также допускается полная предварительная заготовка материалов на месте работ.

На благоустроенных улицах, главным образом, в центре города и на основных магистралях предварительную заготовку материалов на месте работ производить не разрешается, за исключением рельсов, укладываемых в лотки. В этом случае для соблюдения необходимых темпов в организации работ остальные материалы могут быть предварительно сложены на прилегающих дворах и в переулках.

Количество предварительно заготовленных на линии материалов должно соответствовать суточной потребности. При мелких работах с коротким сроком выполнения должен быть заготовлен предварительно весь материал за исключением балласта.

Работы должны быть организованы так, чтобы грунт, вынимаемый при земляных работах, и материалы, вынимаемые при замене пути, немедленно убирались и не загромождали уличных проездов и тротуаров.

Организация работ в зависимости от наличия подземных сооружений. При постройке новых или

реконструкции существующих трамвайных линий обычно вызывается необходимость в переустройстве отдельных подземных сооружений (кабелей, колодцев, труб), попадающих на трассу путей. Необходимо организовать работы так, чтобы перекладка подземных сооружений была закончена до путевых работ. Крупные подземные работы можно производить одновременно с путевыми, но с условием, что подземные работы будут закончены раньше.

Наличие расположенных на небольшой глубине кабелей, пересекающих трассу трамвайного пути, иногда ограничивает применение механизации, которая может разрушить эти сооружения, и предъявляет требование особой осторожности работ.

2. Определение строительного и ремонтного сезона

Строительство и ремонт трамвайных путей сопряжены с разрытием мостовой и земляными работами и не могут нормально производиться круглый год. Наиболее целесообразно строительство и ремонт вести в летнее время, когда можно получить необходимое качество работ без увеличения их стоимости. Поэтому основные работы, как правило, производят в строительно-ремонтный сезон.

Продолжительность, начало и окончание ремонтного сезона для различных районов СССР — различны. Даже для одного и того же района начало и окончание сезона не могут быть определены заранее, так как находятся в зависимости от климатических условий.

За начало строительно-ремонтного сезона нужно считать момент, когда грунт окончательно высохнет после весеннего его оттаивания (для средней полосы обычно середина апреля — начало мая).

Окончанием строительно-ремонтного сезона нужно считать начало периода осенних дождей (для средней полосы — середина октября — начало ноября).

Продолжительность сезона определяется для разных районов СССР на основании статистических данных местных метеорологических станций за предыдущие 10—20 лет.

Для ориентировочных подсчетов можно принять для средней полосы продолжительность сезона в 6—7 мес., для северного района 5—6 мес., для южного района 6—8 мес.

3. Составление плана работ

Для выявления объектов планового ремонта необходимо, чтобы каждая часть путевого хозяйства имела свой паспорт. В паспорт должны быть внесены данные, характеризующие рассматриваемую часть пути: тип, конструкции, срок службы, нагрузки, условия работы, сроки и содержание произведенного ремонта с момента укладки.

На основании опытных данных каждого трамвайного предприятия, в зависимости от конструкций, нагрузок, качества материалов и местных условий, определяют сроки службы частей путевых сооружений, а также выводят периодичность потребности в производстве планово-предупредительного ремонта.

На основании паспортов частей путевого хозяйства в конце каждого года производят выборку объектов, которые, согласно данным о сроке службы и периодичности ремонта, должны быть сменены или отремонтированы в будущем году.

К этому же времени должно быть произведено обследование объектов, попавших в список работ будущего года, как в части смены, так и ремонта, для подтверждения или корректирования этого списка. Обследование должно установить степень износа и другие недостатки, вызывающие необходимость смены или ремонта.

Кроме того, должны быть обследованы и другие объекты путевого хозяйства, которые хотя и не попали в список согласно данным паспортов, но по техническому состоянию вызывают опасение в случае оставления их без ремонта в будущем году.

На основании имеющихся в паспортах данных, а также сведений, полученных при обследовании прокорректированных объектов на месте, окончательно выявляют объекты капитального ремонта на будущий год.

Объекты нового строительства устанавливаются планом капиталовложений.

План строительства и капитального ремонта пути составляют на год согласно спискам окончательно выявленных объектов. После утверждения годовой план разбивают на квартальные, а квартальные планы разбивают по месяцам.

Планы капитального ремонта должны быть увязаны с планово-предупредительным ремонтом, чтобы не могли иметь место случаи, когда какой-либо участок сети, отремонтированный в порядке планово-предупредительного ремонта, в этом же году должен быть сменен согласно плану капитального ремонта.

Очередность включения объектов в квартальные и месячные планы зависит, главным образом, от технического состояния данных объектов. Кроме того, должны быть приняты во внимание условия бесперебойности движения. В случае необходимости в закрытии или перекрытии трамвайного движения объекты должны быть рассмотрены с точки зрения наименьших возможных изменений и отклонений от нормального графика движения.

Плановая потребность в материалах на год определяется согласно нормам материалов на единицу различных работ.

Календарный план заготовки потребных материалов составляется согласно разбивки годового плана по кварталам и по месяцам, причем кроме потребности в материале на данный промежуток времени (месяц, квартал) на складе должен быть определенный запас, устанавливаемый для каждого материала отдельно. Например, для рельсов, скреплений, специальных частей (стрелок и крестовин) и шпал должен быть запас не менее

месячной нормы их расхода. Запас балласта (щебеночного — на складе, песчаного — в карьере) должен быть равен полумесячной норме расхода его.

После выявления потребности в материалах и в соответствии с объемом предполагаемых к производству работ определяют потребность в механизации работ и в перевозках материалов.

Механизацию рассчитывают на основании следующих положений:

а) экономического эффекта (повышение производительности труда и уменьшение количества рабочей силы);

б) ускорения темпов работ и освобождения рабочих от тяжелого физического труда.

В первую очередь нужно намечать механизацию наиболее трудоемких, основных и ведущих процессов работ (заготовка балласта, земляные работы, погрузо-разгрузочные работы, специальные путевые работы). Для этой цели должен быть произведен подсчет выгодности механизации сравнением стоимости и качества механизированного и ручного способа работ. После этого, учитывая возможность получения необходимых путевых машин и наличие их на базе трамвайного предприятия, составляют список машин, которыми можно располагать при ремонтных работах, и список процессов работ, которые предположено механизировать.

Затем определяют потребность в транспорте и рабочей силе.

Потребность в транспорте и типы его (электротранспорт, автотранспорт, гужтранспорт) определяют следующим образом.

Подлежащие перевозке материалы разбивают по категориям в зависимости от дальности перемещения, наличия тех или иных подъездных путей к складам и карьерам и других местных условий. Для каждой категории материала выбирают вид транспорта.

На дальнем расстоянии (свыше 4 км) обычно наиболее экономически выгодным оказывается электротранспорт и автотранспорт.

Для перевозки материалов на близкие расстояния (до 0,5 км) наиболее выгоден обычно гужтранспорт.

Потребность в транспорте по типам определяется на основании норм в зависимости от количества материалов и дальности их перемещения.

Потребность в рабочей силе для основных ремонтных, подсобных и транспортных работ определяют по единичным нормам в зависимости от объема работ и выбранной механизации их процессов.

Для равнопоточности (сохранения постоянного числа рабочих на протяжении ремонтного сезона) нужно построить график рабочей силы по квалификациям и месяцам, проверив этим правильность плана месячных работ.

После этого определяется потребность во вспомогательных устройствах, вызываемых планом ремонтных работ: в жилой площади для рабочих, в помещении для мастерских и машин, оборудовании карьеров, складов и потребности в инструментах и оборудовании для работ.

§ 113. Характеристика отдельных операций при строительстве и капитальном ремонте путей

Все виды строительства и капитального ремонта в порядке производства работ разбиваются на следующие операции:

1) подготовительные работы,
2) разборка мостовой и земляные работы с планировкой дна котлована,
3) разборка существующих путей,
4) устройство основания,
5) сборка и укладка верхнего строения,
6) отделка пути,
7) замощение,
8) водоотводные работы,
9) вспомогательные работы.

Капитальный ремонт производится при наличии всех девяти операций на одном объекте или когда ряд операций отсутствует. Например, при работах на обособленном полотне не будет разборки мостовой и замощения. Может производиться только часть подготовительных работ, только ремонт верхнего строения или только нижнего строения (основания). В большинстве же случаев производятся все перечисленные операции.

Устройство и ремонт водоотводных сооружений отделены от собственно путевых работ, как имеющие особенности в производстве работ.

Это, однако, не исключает положения, когда водоотводные работы должны производиться одновременно с путевыми.

Отводу воды от трамвайных путей до последнего времени уделялось недостаточно внимания и в большинстве трамвайных предприятий водоотводные сооружения (за исключением мостов, труб и поперечных лотков) отсутствуют. Поэтому при строительстве, а особенно при капитальном ремонте необходимо во всех случаях проверить правильность отвода поверхностной и грунтовой воды и в случае надобности дополнительно запроектировать водоотводную систему.

Составление технических проектов при капитальном ремонте обязательно в случае переустройства путей, изменения трассы и профиля или изменения конструкции путей. При новом же строительстве составление технических проектов всегда обязательно и без него производить работы нельзя.

Характеристика отдельных операций строительства и капитального ремонта трамвайных путей указана в табл. 27 (см. стр. 242—243).

§ 114. Составление календарного плана и графиков работ

Календарные планы и графики работ составляют отдельно на каждый объект. Кроме того, для увязки объектов составляют сводный календарный план.

Календарный план на каждый объект, определяющий начало и окончание работ, составляют на основе следующих данных:

Таблица 27

Характеристика отдельных операций строительства и капитального ремонта трамвайных путей

Наименование операций	Характеристика операций
1. Подготовительные работы	К подготовительным работам относятся: составление календарного плана и графика работ, доставка материалов на место работ, разбивка пути в плане и в профиле, сварка стыков рельсов на стороне, предварительная сборка узлов и стрелочных переводов, гнутье рельсов и сборка кривых
2. Разборка мостовой и земляные работы	Разборка мостовых покрытий различных видов (булыжной, брусчатой, клинкерной, торцовой, асфальтовой) на ширине, необходимой для производства путевых работ. Выемка земли на глубину, необходимую для устройства основания, планировка дна котлована после разборки существующих путей; уплотнение дна котлована (при необходимости), а также земляные работы в соответствии с проектным профилем пути
3. Разборка существующих путей	Разборка стыков или резка рельсов (при рельсах, соединенных сваркой), расшивка шпал, выемка и относка рельсов, стрелок, крестовин, брусьев, шпал и различных материалов
4. Устройство основания	а) При шпально-песчаных и шпально-щебеночных основаниях — рассыпка балласта, уплотнение его (укатка или утрамбовка), укладка шпал и пришивка их (после укладки верхнего строения) б) При бетонных основаниях — устройство бетонной плиты, укладка шпал и пришивка их в) При бесшпальных основаниях — укладка пакеляжа или рассыпка щебня, уплотнение щебня
5. Сборка и укладка верхнего строения	а) На прямых — подноска и укладка рельсов, резка их, сверление отверстий для болтов и тяг, сборка стыков, установка пути по шаблону, постановка тяг, прессовка стыков и рельсов, зачистка стыков, сварка их б) На кривых — те же операции и дополнительно при рельсах типа Виньоль постановка контрельсов. (Изгибание рельсов производится заранее). в) На узлах 1-й вариант — подноска и укладка собранного на стороне узла или стрелочных переводов 2-й вариант — разборка предварительно собранного узла, подноска и укладка его, согласно разбивки на место, сборка узла Резка рельсов, сверление отверстий для накладок и тяг, сборка стыков, установка пути по шаблону, постановка тяг, постановка электрических соединений, прессовка стыков и рельсов, зачистка стыков, сварка их или приварка накладок
6. Отделка пути	Подъемка пути на заданную высоту, подштопка (подшастывание) балласта под шпалы или рельсы, подбивка его, рихтовка пути, обкатка пути и окончательная выверка его

Продолжение табл. 27.

Наименование операции	Характеристика операции
7. Замощение пути	Подготовка основания под верхнее покрытие путей и собственно устройство верхнего покрытия из камня (булыжного, брусчатки, клинкера), деревянных торцов или асфальта
8. Водоотводные работы	Устройство дренажной сети, путевых водосточных колодцев, поперечных лотков, продольных кюветов
9. Вспомогательные работы	Устройство временных переездов, подноска или подвозка материалов и инструментов на расстояние, не предусмотренное нормами, перевозка материалов и инструментов по фронту работ, устройство ограждений работ и освещения работ

1) потребности в материалах, их местонахождения и возможных сроков поставки,

2) потребности в путевых машинах и оснащенности ими,

3) потребности в рабочей силе и наличия ее,

4) потребности в ручных инструментах и обеспеченности ими,

5) потребности в транспорте и наличия его.

Как приложение к плану работ, строят таблицы (графики) производства работ и снабжения материалами и транспортом, согласно следующим формам:

Форма № 1. План снабжения объекта материалами (табл. 28).

Форма № 2. План снабжения объекта путевыми машинами (табл. 29).

Форма № 3. План снабжения объекта транспортом (табл. 29).

Форма № 4. План работ на объекте (табл. 30).

В форме № 1 перечисляются все потребные материалы для данного объекта, подсчитанные на основании норм расхода материалов. Помимо количества материалов указывается их вес, необходимый для подсчета потребного транспорта. Потребность в материалах на объекте определяется по дням и суммируется при крупных объектах по декадам с учетом местных условий каждого объекта, — например, возможности предварительной заготовки. Там же делается отметка о выполнении заготовки материалов на объекте.

По форме № 2 перечисляются машины, применяемые на объекте, и указывается общая потребность в них и потребность по дням в машиносменах. Там же отмечается выполнение работы путевыми машинами.

В форме № 3 транспорт разделяется на электротранспорт, автотранспорт и гужтранспорт, а количество транспорта указывается или в машино-поездо-и лошаде-днях, или в тоннах перевозимого груза. В первом случае указывается количество машин отдельно по тоннажу. Там же производится отметка о выполнении транспортных работ.

Таблица 28

(форма № 17)

План снабжения объекта материалами

№ п/п	Наименование материалов	Единица измерения	Общее количество потребного материала	Место погрузки	Место разгрузки	Вес материала	Потребное количество материалов																Примечание
							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Итого за первую декаду	11	12	13	14	Всего за месяц	
1																							План
																							Фактическое выполнение
2																							План
																							Фактическое выполнение
3																							План
																							Фактическое выполнение

Таблица 29
(форма № 2 или № 3)

План снабжения объекта путевыми машинами (или транспортом)

№ п/п	Наименование вида путевых машин (или транспорта)	Измеритель	Общая потребность в путевых машинах (в транспорте)	Потребное количество машин (или транспорта)							Примечание
				Календарь							
				1	2	3	4	5		Всего за месяц	
1											План
											Фактическое выполнение
2											План
											Фактическое выполнение
3											План
											Фактическое выполнение

В форме № 4 указывается объем работ по отдельным операциям и определяется потребность в рабочих днях по отдельным квалификациям рабочих. Исходя из календарного плана работ, определяется продолжительность работы по отдельным операциям и, учитывая потребность в рабочих днях и фронт работ (фронт работ при строительстве и капитальном ремонте принимается в пог. метрах одиночного пути), определяется число смен и количество рабочих в смене, затем дается распределение рабочей силы по дням; для крупных объектов указывается распределение по декадам и месяцам. Там же в процессе выполнения работ производится отметка о фактическом расходе рабочей силы по отдельным операциям на объекте.

Таблица 30

План работ на объекте

(форма № 4)

№ п/п	Наименование отдельных видов работ	Объем работ		Потребность в рабочей силе						Продолжительность работ	Количество человеко-дней рабочей силы														Примечание
											Месяц														
		Измеритель	Количество	Квалификация	Норма расхода рабочей силы, час.	Всего рабочей силы, дней	Фронт работ	Количество рабочих в смену	Число смен		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Итого за декаду	11	12		
1	**А. Подготовительные работы** Разбивка пути																							План	
																								Фактическое выполнение	
2	Предварительная сборка специальных частей																							План	
																								Фактическое выполнение	
3	Гнутье рельсов																							План	
																								Фактическое выполнение	
4	**Б. Основные работы** Разборка мостовой																							План	
																								Фактическое выполнение	
5	Земляные работы																							План	
																								Фактическое выполнение	
6	Разборка существующих путей																							План	
																								Фактическое выполнение	
7	Устройство основания																							План	
																								Фактическое выполнение	
8	Укладка прямых и кривых																							План	
																								Фактическое выполнение	
9	Укладка специальных частей																							План	
																								Фактическое выполнение	
10	Подъемка и подбивка пути																							План	
																								Фактическое выполнение	
11	Рихтовка и выверка пути																							План	
																								Фактическое выполнение	
12	Замощение пути																							План	
																								Фактическое выполнение	
13	**В. Вспомогательные работы**																							План	
																								Фактическое выполнение	
14																								План	
																								Фактическое выполнение	
15																								План	
																								Фактическое выполнение	

§ 115. Подсчет объема работ при строительстве и капитальном ремонте пути

Объем работ объекта строительства или капитального ремонта пути определяется в соответствии с характеристикой отдельных операций на объекте, для которого все основные данные подсчитаны и имеются в готовом виде или их нужно подсчитать по чертежам проекта:

1. Потребность в разборке мостовой и замощении определяется в кв. метрах умножением длины пути на ширину полосы разбираемой мостовой, которую обычно принимают 3,2—3,5 м.

2. Объем земляных работ определяется в куб. метрах насыпи и выемки в соответствии с продольным и поперечным профилями и конструкцией пути.

3. Разборка существующих путей определяется в пог. метрах одиночного пути, отдельно прямых и кривых разных радиусов, а специальных частей — в парах стрелок и штуках крестовин. Рельсы разделяют также по их типам.

4. Устройство оснований определяется в пог. метрах одиночного пути отдельно по типам оснований.

5. Укладка прямых и кривых путей определяется в пог. метрах одиночного пути отдельно прямых и кривых разных типов рельсов и разных радиусов кривых.

6. При укладке специальных частей определяется отдельно количество пар стрелок, штук крестовин, пог. метров одиночного пути, комплектных (соединительных) кусков рельсов.

7. Объем подъемки и подбивки пути определяется в соответствии с объемом и устройством оснований в пог. метрах одиночного пути.

8. Объем рихтовки определяется в соответствии с объемом работ верхнего строения (рельсов и специальных частей).

9. Объем подготовительных и вспомогательных работ определяется в соответствии с объемом основных работ и проектом организации работ.

§ 116. Подсчет потребности в рабочей силе

Потребность в рабочей силе определяется на основании утвержденных производственных норм выработки на строительные работы и норм выработки на строительство и ремонт путей трамвая.

Нормы выработки устанавливают:

1. Расход времени, потребного для выполнения единицы работы (н. вр.), которые даются в человеко-часах на измеритель продукции. В норму времени включено и время, необходимое для отдыха рабочего, на получение и сдачу инструментов, точку и правку инструментов, содержание в порядке приспособлений и машин, транспортировку материалов в пределах рабочей зоны (10—20 м). В тех случаях, когда нормы предусматривают выполнение работы звеном, нормы времени выражают сумму затрат рабочего времени, производимых всеми рабочими, входящими в состав звена.

Иногда нормы дают также и производительность одного рабочего, звена рабочих, или машины за 8-часовой рабочий день или за 1 час работы (н. выр.). Эти нормы показывают количество продукции, которое должно быть выполнено за полный рабочий день или за 1 час одним рабочим, звеном рабочих или машиной.

2. Расценки — сумму, подлежащую уплате рабочим за единицу выполненных работ. В основу определения расценок принимается квалификационный справочник с соответствующей тарифной сеткой.

В качестве примера приводится § 2 производственных норм на строительство трамвайных путей (изд. Наркомстроя 1940 г.).

§ 2. Подноска и укладка шпал

Состав работы

1. Подноска шпал. 2. Укладка шпал на подготовленное основание перпендикулярно оси пути с соблюдением установленного расстояния между осями шпал.

Состав звена — путевых рабочих 3 разряда — 2.

Условия работ	При отсутствии рельсов		При подведении шпал под рельсы	
	Состояние шпал			
	пропитанные	непропитанные	пропитанные	непропитанные
Норма времени на 100 шпал	3,8	3,1	5,7	4,7
Норма выработки в шпалах	421	516	280	340
Расценка на 100 шпал . .	3—30	2—69	4—95	4—08

Примечание: При укладке шпал твердых пород нормы времени и расценки умножать на 1,2, а нормы выработки — на 0,83.

Определенное на основании норм выработки потребное количество рабочей силы должно быть скорректировано на потери, связанные с производством работ на открытом воздухе из-за непогоды и низких температур, а также на работы, производимые во время движения трамваев.

Коэфициент потерь из-за неблагоприятных климатических условий данного района и вида работ может быть принят от 5 до 10% рабочего времени. Климатические условия определяют средний процент дождливых дней, а зависимость вида работ заключается в том, что, например, в земляных работах при разработке глинистых грунтов процент потерь больше, чем при песчаных, в путевых работах он меньше, чем в земляных.

Коэфициенты потерь на работы, связанные с движением трамваев, определены нормами выработки НКХ РСФСР с введением

поправочных коэфициентов в зависимости от интенсивности движения. Эти коэфициенты (табл. 31) применяют исключительно для работ, фактически выполняемых при движении трамваев.

Таблица 31

Поправочные коэфициенты на работы, выполняемые при движении трамваев

Количество проходящих поездов в час	Поправочные коэфициенты	
	к нормам времени	к нормам выработки
До 10	1,05	0,95
10—30	1,15	0,87
30—50	1,20	0,83
50—75	1,40	0,71
Свыше 75	1,50	0,67

§ 117. Подсчет потребности в материалах, транспорте, инструментах и путевых машинах

Потребность в материалах определяется на основании норм расхода материалов на единицу работ. Нормы расхода материалов бывают единичные (помещаемые иногда и в нормах выработки) и комплексные. Каждые нормы расхода материалов учитывают потребность в материалах на единицу работ, включая и неизбежные потери материалов.

Нельзя приступить к капитальному ремонту и к постройке линии, если работы полностью не снабжены строительными материалами. Материалы не должны обязательно находиться на самой линии, а могут быть на складе и в карьере. Во всяком случае, производитель работ должен быть уверен в наличии для каждой строящейся линии полного количества материалов.

Предварительная заготовка всех материалов на месте работ, создавая некоторое внешнее благополучие и облегчая производителю работ маневрирование работами, безусловно, во всех случаях удорожает работы, увеличивая расход рабочей силы и транспортных средств. Например, заготовленный заранее балласт приходится вторично грузить и перевозить или перекидывать с места заготовки на земляное полотно линии; шпалы и рельсы, если их заготовляют не на бровке полотна, также потребуют дополнительных работ и транспорта. Поэтому нужно так организовать постройку трамвайной линии, чтобы все громоздкие и массивные материалы поступали непосредственно на место работ. Для этого необходима абсолютно четкая и бесперебойная работа транспорта. Предварительно заготовлять придется только мелкие материалы.

Расход материалов на единицу работ нужно определять в соответствии с чертежами отдельных путевых конструкций, с введе-

нием поправочных коэфициентов, учитывающих уплотнение балласта, обрезку концов рельсов, рельсов в кривых и комплектных кусках, дающих мелкие куски рельсов, негодные для укладки в путь, обрыв нарезки болтов, гаек и другие условия.

Нормирование таких потерь материалов при определении расхода материалов необходимо принимать в следующих процентах:

для рельсов, укладываемых на прямых и кривых участках пути	— 0,1%,
для рельсов, укладываемых в комплектных кусках на узлах	— 2,0%,
для болтов путевых	— 1,0%,
для шайб	— 1,0%,
для костылей и шурупов	— 0,5%,
для песчаного балласта	— 10,0%,
для щебеночного балласта	— 5,0%,

Потребность количества транспорта определяется расчетом на основании принятого способа производства работ, дальности перемещения, производительности транспортных средств.

Вид и количество инструментов, потребных для выполнения объекта работ, определяется в зависимости от вида работ, принятой организации их, сменности и срока выполнения работ, определяющего максимальное количество рабочих, занятых на объекте.

Полученная расчетом потребность в ручных инструментах должна быть увеличена на 10—20% на случай его поломки.

Потребность в машинах определяется на основании принятого способа работ и производительности путевых машин.

Производительность машин дается также в производственных нормах и на них необходимо распространить поправочные коэфициенты, как и на рабочую силу.

§ 118. Разбивка пути в плане и профиле

Разбивку пути для производства работ ведут на основании технического проекта и рабочих чертежей, привязанных к натуре (ось запроектированной линии должна быть пробита на месте до выпуска проекта и окончательная увязка с натурой должна быть скорректирована рабочими чертежами).

Разбивка пути в плане и профиле производится при помощи теодолита, нивелира, стальных лент и рулеток.

Разбивка обозначается кольями, забиваемыми по оси пути или с выносом их на сторону. Все основные данные разбивки должны быть закреплены на стороне с тем, чтобы выдернутые при производстве работ колья с данными разбивки можно было легко восстановить.

Обычно принимают следующие условные обозначения разбивки.

Ось пути отмечают забивкой на верхнем торце кола гвоздя, середина шляпки которого совпадает с осью пути.

Начало и конец кривой отмечают забивкой на верхнем торце кола двух гвоздей, расположенных вдоль оси пути, причем сере-

дина шляпки гвоздей совпадает с осью пути, середина расстояния между гвоздями с началом или концом кривой.

Начало или конец стрелочного перевода или пересечения отмечают забивкой на торце кола трех гвоздей поперек пути, дающих по середине шляпки начало стрелки в начале стрелочного перевода и конец крестовины в конце стрелочного перевода, или концы крестовины в пересечении. Средний гвоздь дает в этом случае ось пути.

Угол поворота отмечают забивкой в торец кола гвоздя, центр которого служит вершиной угла поворота.

Красную отметку головки рельса или земляного полотна при совпадении ее с высотой кола отмечают закрашиванием верхнего торца кола красной краской. При несовпадении красной отметки с высотой кола на боковой поверхности кола надписывают плюс-минус разницы от высоты кола до отметки в миллиметрах. В этом случае около кола должен быть поставлен сторожек с указанием номера точки (пикета, плюса).

Расстояния между разбивочными кольями обычно принимают следующие:

ось прямого пути дается через 50 м,
ось кривого пути дается через 5 м,
высотные отметки даются через 20 м.

При разбивке путей можно перенести разбивочные данные на линию, параллельную оси пути, и произвести разбивку в стороне от путей, перенося потом данные разбивки на ось.

§ 119. Работы, связанные с постройкой линии

К работам, связанным с постройкой линии, относится подготовка полосы для трамвайных путей, заключающаяся в выкорчевывании деревьев, сносе строений и сооружений, переустройстве их, и всевозможные вспомогательные работы.

Все такие работы должны быть выполнены заранее, до начала основных работ, во избежание задержек.

Корчевка деревьев и пней может быть произведена механизированным способом. С большим успехом эти работы можно выполнить трактором со специальными приспособлениями для корчевки и рядом простейших машин или снарядов, например, блоком с крюком.

Из наиболее часто встречающихся работ, связанных с постройкой линии, можно отметить переустройство колодцев и других подземных сооружений. Переустройство колодцев (кроме пожарных) в том случае, если они оказываются на трассе трамвайного пути частично, можно упростить тем, что переустраивать не весь колодец, а только передвинуть горловину его, получив таким образом не вертикальный вход в колодец, а слегка наклонный. Такая мера без ущерба для эксплоатации сети позволяет сэкономить значительные средства. Эти работы могут встретиться и при реконструкции существующих путей.

При сносе домов и других строений и сооружений должно быть обращено внимание на тщательность засыпки и уплотнения

подвальных помещений, выгребных ям для избежания просадки путей в процессе эксплоатации линии.

Если сломку строений производят без наблюдения строящей организации, то, прежде чем приступить к устройству пути на этих местах, необходимо убедиться в том, что в грунте нет пустот, могущих вредно отразиться на качестве пути.

Остальные виды подготовительных работ будут даны одновременно с основными работами.

§ 120. Организация и производство земляных работ

Земляные работы при строительстве и капитальном ремонте трамвайного пути бывают двух видов: насыпи и выемки.

При устройстве трамвайных путей в городских проездах и при капитальном ремонте почти исключительно бывают выемки на глубину, необходимую для помещения конструкции пути. При постройке загородных линий встречаются насыпи и выемки.

Основные операции при земляных работах: разрыхление грунта, копание (разработка) грунта, погрузка на транспортные средства, перемещение и выгрузка.

Эти операции встречаются или отдельно, или комплексно в различных комбинациях.

Земляные работы можно разделить на: выполняемые вручную и механическими приспособлениями или снарядами.

Земляные работы на обособленном полотне

Перед началом земляных работ на площадях, покрытых лесными насаждениями, по окончании рубки деревьев должны быть выкорчеваны пни при выемках и насыпях до 0,5 м полностью, а при насыпях до 1,0 м пни диам. более 12 см.

При насыпях высотой более 1,0 м пни не выкорчевывают.

Высота невыкорчеванных пней должна быть не более 20 см.

При возведении насыпей на болоте перед началом земляных работ по болоту прокладывают осушительные канавы с уклоном не менее 0,001. Количество канав зависит от характера болота и условий стока. Нужно стремиться к тому, чтобы канавы имели равномерный уклон.

Насыпи нужно возводить горизонтальными слоями, толщиной 0,25—0,3 м, с равномерной их укаткой по всей ширине насыпи.

Насыпи укатывают дорожными катками, а при конной и тракторной возках укатка производится автоматически повозками, перемещающими землю.

Высота возводимых насыпей должна быть более проектной на величину осадки, в зависимости от грунтов и высоты насыпи, от 1,5 до 15%.

Кюветы нужно прокапывать немедленно после устройства выемок.

Постройку земляного полотна (насыпей и выемок) необходимо вести согласно утвержденному проекту организации работ, в зависимости от местных условий.

Поперечный профиль насыпей и выемок при устройстве пути на обособленном полотне должен во всем соответствовать нормальным профилям.

Верхняя поверхность земляного полотна должна быть тщательно спланирована, и соблюден поперечный уклон согласно нормальному поперечному профилю.

Земляные работы при устройстве пути в проездах

Разборка мостовой. Перед началом земляных работ в проездах мостовую разбирают, причем камень или асфальт после разломки должен быть аккуратно сложен отдельными грядами

Фиг. 175. Общий вид риппера с трактором.

вдоль лотка или на тротуаре; для пешеходов оставляют проход шириной не менее 1 м; лоток должен беспрепятственно пропускать воду.

Разломку мостовой производят риппером, прицепленным к трактору, пневматическими ломами или вручную при помощи обыкновенных ломов. При капитальном ремонте производить разломку риппером нельзя, так как ему будут мешать поперечные тяги существующего пути.

При разломке мостовой риппер должен иметь пять зубьев (при разломке мостовой из камня размером до 12 см) или три зуба (при разломке мостовой из камня размером более 12 см). Если на пути движения риппера встречается колодец, то зубья риппера приподнимают, и полосу мостовой шириной около 1,0 м разбирают вручную.

В местах расположения кабелей глубина погружения зубьев риппера не должна превышать 30 см.

При разломке мостовой риппером и пневматическими ломами откидку камня и складывание его в кучи производят вручную.

Ширина полосы мостовой, подлежащей разломке, должна быть минимум на 20 см больше ширины необходимого для данного основания котлована.

Границы разломки мостовой должны быть предварительно отбиты, согласно разбивке, шнуром или меловой чертой.

Места расположения кабелей должны быть показаны мелом на мостовой и вынесены на стены ближайших зданий.

Границы разломки асфальтового покрытия должны быть предварительно аккуратно надрублены на всю толщину асфальтового слоя специальными топорами или пневматическими зубилами.

Риппер предназначается не только для разломки мостовой при устройстве трамвайных путей в городских проездах, но и для рыхления грунта при разработке его вручную.

Риппер (фиг. 175), применяемый в путевом хозяйстве, завода Дормашина, на колесном ходу, имеет следующую характеристику:

ширина колеи	1,1 м
диаметр колес	1,1 „
число зубьев, работающих одновременно	3, 4 или 5
ширина захвата при работе 5 зубьев	1,2 м
нагрузка на ось	600 кг
сила тяги на крюке	2500 „

Риппер приводится в движение трактором ЧТЗ-Сталинец-60, к которому он прицепляется.

Максимальная глубина погружения зубьев — 0,4 м.

Разборка мостовой или рыхление грунта риппером производятся одним трактористом, который и управляет трактором (пуск в ход, рабочий ход трактора с риппером, повороты, маневрирование и уход за трактором) и регулирует работу риппера (прицепка и установка риппера, регулирование глубины погружения зубьев, подъем и опускание рамы риппера), и производит очистку зубьев риппера в случае попадания в них крупных камней.

Перед началом работ место разборки или рыхления по всей площади должно быть освобождено от посторонних предметов, мешающих прохождению трактора или работе риппера, а при начале разломки мостовой на объекте один ряд камней должен быть вскрыт для облегчения первоначального погружения зубьев риппера в мостовую.

После прохода риппера все камни мостовой должны быть выворочены.

Глубина прохода зубьев должна быть установлена с таким расчетом, чтобы нижний слой земли (под мостовой) не взрыхлялся глубже 7 см.

Производительность риппера при разломке мостовой зависит от коэфициента использования его, типа мощения и длины участка мостовой, подлежащей разломке.

Коэфициент использования риппера обычно принимают равным 0,84.

Производительность риппера колеблется от 800 до 2000 м² разломанной мостовой в час. Следовательно, риппер в течение 8-часовой смены может разломать мостовую для устройства от 2 до 5 км одиночного пути. Поэтому риппер не работает полную смену, так как такой фронт работ при постройке линий в городских условиях иметь нельзя, а нормальный фронт работ он обслуживает почти за один час работы.

Вместо откидки разломанного камня мостовой вручную может применяться отвал камня бульдозером с трактором ЧТЗ.

Бульдозер представляет собой широкий выгнутый нож, укрепленный на раме, подвешенной к трактору так, что он находится спереди радиатора трактора.

При помощи специальных приспособлений нож может подниматься и опускаться, а также может быть поставлен под углом к направлению движения трактора. Длина ножа 3,5 м, ширина 0,85 м.

Отвал камней бульдозером вызывает захват вместе с камнем некоторой части земли. Это загрязняет проезд и заставляет вручную перебирать камень, сложенный в кучи.

Земляные работы. Границы выбойки котлована перед началом земляных работ должны быть отмечены забиваемыми на бровке котлована кольями, по которым натягивается шнур.

Глубина выбойки должна быть отмечена на кольях.

Выбойку котлована производят экскаватором или вручную. Преимущественно должны применяться многоковшовые экскаваторы Дмитровского завода (МК-1), позволяющие сразу получать необходимую глубину и ширину котлована.

При применении экскаваторов вынимаемый грунт нагружают непосредственно на средства перемещения: автомобили, электропоезда или подводы.

В местах расположения колодцев грунт вынимают вручную на длине около 1,0 м.

При ручной выбойке котлована грунт также нужно грузить на средства перемещения, и выбойка в отвал может быть разрешена лишь в исключительных случаях.

Ширина котлована при устройстве шпальных оснований должна быть на 30 см больше длины шпалы; ширина котлована при шпалах 2,7 м равна 3,0 м и при шпалах 2,5 м — 2,8 м.

Глубину котлована принимают согласно выбранных по проекту конструкции основания и толщины балластного слоя под шпалой.

Дну котлована должен быть придан уклон 2—3% в сторону дренажа (при наличии водонепроницаемого грунта).

При наличии самодренирующего грунта котлован устраивают с горизонтальным дном.

При устройстве котлована для двойного пути не разрешается оставлять в середине котлована земляную гряду.

При бетонных, щебеночных и щебеночно-пакеляжных основаниях вырытый котлован может быть уплотнен при помощи 2—5-тонных катков или трамбования трамбовками.

После отрытия котлована и уплотнения дна его (перед устройством основания) производят разбивку и рытье канавы для дренажа.

Грунт из дренажной канавы выбрасывают за пределы котлована на средства перемещения.

Окончательную планировку дна котлована производят после окончания рытья дренажной канавы. Отдельные впадины дна котлована необходимо засыпать грунтом, полученным при планировке, и утрамбовывать, а бугры срезать.

После окончательной планировки дна котлована и дренажной канавы качество работ должно быть установлено двухсторонним актом приемки земляных работ.

При разрытии котлована необходимо для выезда из домовладений устроить временные мостики из шпал.

При рытье котлована необходимо соблюдать особую осторожность в местах прохождения кабелей (телефонного, электрического, телеграфного). Эти места должны быть особо отмечены и указаны лицам, производящим работу.

Кабели, попадающие выше дна котлована, предварительно должны быть убраны или углублены.

Производство земляных работ вручную

Инструментом для разработки грунтов вручную служат лопаты (заступы или подборочные), ломы остроконечные, кирки.

Простейший вид земляных работ заключается в разработке грунтов с откидкой их в отвал. Однако, этот вид работ и наиболее непроизводительный, так как следующим этапом работ будет погрузка грунта на транспортные средства.

На фиг. 176 показана разработка грунта с откидкой его в отвал вручную. В этом случае для отвозки грунта необходимо будет грузить его на транспортные средства.

Такая двойная перекидка происходит в результате отсутствия правильной организации работ. Этого нужно избегать не только при использовании ручного труда, но и при применении механизации.

Разрыхление грунта при земляных работах не всегда необходимо. Зависит это от качества и состояния грунтов. При устройстве трамвайных путей часто встречаются грунты плотные, которые требуют разработки с рыхлением ломами, иногда даже клиньями. С успехом можно производить рыхление грунта риппером с тракторной тягой. При устройстве трамвайных путей на проездах, имеющих бетонное основание проезжей части, раньше производилась ручная разломка бетона с применением ваги, клиньев и кувалд. Производство работ таким способом было сопряжено с излишними затратами средств, отличалось низкой производительностью и большой трудоемкостью. В настоящее время разломка бетона осуществляется при помощи пневматических инструментов (ломов, долот, лопат) и обходится значительно дешевле (фиг. 177).

При земляных работах ручным способом грунт перемещают тачками, конной тягой на колымагах или грабарках, вагонетками. Применение автомобилей или электропоездов вызывает необходимость в механизации погрузки.

Фиг. 176. Разработка грунта вручную.

Фиг. 177. Разломка бетонного основания пневматическим инструментом.

При постройке загородных линий трамваев наиболее распространенной была возка грабарками. Достоинство грабарок заключается в низкой посадке кузова, облегчающей нагрузку, простоте изготовления и ремонта. В настоящее время грабарки вытесняются механизированным транспортом.

Фиг. 178. Транспортировка грунта вагонетками.

При транспортировке грунта из выемки в насыпь (при продольной возке) пользуются преимущественно вагонетками узкой колеи. Пример разработки выемки с отвозкой грунта в насыпь вагонетками при постройке трамвайной линии в Москве показан на фиг. 178.

Ширина колеи узкоколейных дорог при возке вагонетками от 650 до 750 мм. Рельсы применяют обычно малых размеров. Иногда же пользуются сборными переносными железными дорогами, состоящими из звеньев рельсов длиной до 5 м с прикрепленными к ним железными поперечинами (шпалами). Звенья скрепляют накладками на болтах. Вес отдельного звена рельсов допускает переноску его двумя рабочими.

При возке вагонетками иногда пользуются конной тягой, а на железных дорогах даже паровой тягой.

Производство земляных работ механизированным способом

Земляные работы, как наиболее трудоемкие, при строительстве трамвайных путей могут быть почти полностью механизированы как при постройке загородных линий, так и в городских условиях.

Применение механизации земляных работ во многих случаях существенно необходимо для выполнения всех путевых работ в назначенные сроки.

Разнообразие машин для производства земляных работ дает возможность применить те из них, которые наиболее соответствуют данным условиям. Однако, это требует от производителя работ знания характерных особенностей каждой машины.

Скрепер

Наиболее простой дорожный снаряд для отрывки и перемещения грунта — это скрепер (волокуша), который может работать в песчаных грунтах без предварительного разрыхления, а при более плотных грунтах требует предварительного разрыхления (например, плугами).

Скрепер простейшего устройства представляет собой металлический совок с ручками для поднятия и опускания его и дугой для прицепки к ней лошадей или трактора.

Скреперы применимы исключительно при постройке загородных трамвайных линий.

Емкость совка-волокуши: 0,12—0,14 м³.

Производительность совковой волокуши за 8 часов при конной тяге колеблется от 22—30 м³ при дальности перемещения в 50 м и до 57—68 м³ при дальности перемещения в 12 м.

Скреперы-волокуши бывают и значительно большей емкости, например, емкость скрепера Кременчугского завода 0,20 м³, Рыбинского завода — 0,33 м³. Последний требует применения тракторной тяги.

Более производительны колесные скреперы с тракторной тягой, но в трамвайном строительстве они применяются редко.

Многоковшевые экскаваторы.

Для земляных работ при устройстве трамвайных путей в городских проездах наиболее целесообразны специально сконструированные для этой цели многоковшевые экскаваторы.

Многоковшевый экскаватор предназначается для выемки грунта при устройстве трамвайных путей сразу на необходимую ширину и глубину с механической погрузкой его на транспортные средства.

Многоковшевый экскаватор изготовляется Дмитровским заводом (типа МК-1) на гусеничном ходу и имеет следующие габаритные размеры:

длина	7,8	м
ширина	4,2	„
высота	3,2	„
ширина колеи	1,8	„
глубина захвата	0,6—0,7	„

Экскаватор приводится в действие двигателем внутреннего сгорания ЗИС-5 или ЧТЗ-Сталинец-60 и имеет 11 ковшей лотковообразной формы размером $1,4 \times 0,4 \times 0,1$ м, размещенных на цепях на расстоянии 0,52 м друг от друга. Каждый ковш имеет 12 зубьев из марганцевой стали. Кроме того, на ведущем валу внизу имеется шестерня, приводящая во вращение винтообразные фрезеры, расставленные таким образом, что их внешние кромки отстоят на 3 м друг от друга.

Для погрузки грунта имеется ленточный транспортер, состоящий из бесконечной ленты, насаженной на 2 барабана, расположенные по концам транспортера и выдвигающиеся при помощи особых рычагов за габарит экскаватора. Транспортер может менять угол наклона.

Габариты транспортера:		
длина транспортера	4,0	м
длина ленты	3,5	„
ширина ленты	0,5	„
наибольший вылет транспортера от рамы машины	1,6	„

Общий вид многоковшевого экскаватора показан на фиг. 179.

Многоковшевый экскаватор обслуживают две бригады рабочих: верхняя и нижняя.

Верхняя бригада состоит из двух рабочих — моториста (машиниста) и слесаря-смазчика.

До начала работы экскаватора фронт его работы должен быть очищен от крупных предметов, мостовая должна быть разобрана и камни выбраны из траншеи. Расчистка фронта работ должна быть произведена на 0,5 м и более расстояния между внешними кромками фрезеров (на 3,5 м при ширине котлована в 3 м).

В местах изменения направления работы экскаватора должна быть подготовлена площадка для маневрирования.

Экскаватор благодаря наличию фрезеров на нижнем валу, срезающих грунт в точно намеченных границах, выбирает забой вчистую шириной до 3 м и глубиной до 0,7 м без последующей зачистки. Поэтому в твердых грунтах, в которых откос в траншеях может отсутствовать, ширину котлована принимают равной проектной. В мягких грунтах ширина траншеи должна быть на 30—50 см больше проектной для того, чтобы обсыпающийся грунт не сужал проектной ширины котлована и не заставлял после прохода экскаватора производить дополнительную планировку.

Фиг. 179. Многоковшовый экскаватор.

Моторист, приступая к работе, подводит экскаватор к месту разработки траншеи, устанавливает его на трассе разработки, пускает ковшевую цепь, опускает ее лебедкой до соприкасания с грунтом и включает в работу ленточный транспортер.

Грунт из ковшей попадает на ленту транспортера и держится на ней силой трения. Во избежание обратного соскальзывания грунта необходимо угол наклона ленты к горизонту делать:

для песка сухого . . .	не более 24°
для песка влажного . . .	„ „ 27°
для щебня влажного . . .	„ „ 22°
для гравия сухого . . .	„ „ 20°
для гравия влажного . . .	„ „ 17°

Двое рабочих нижней бригады очищают место работы от оставшихся после разборки мостовой камней и других посторонних предметов, могущих попортить машину, затем производят очистку ковшей, подъем и закрепление транспортера при пропуске средств перемещения (габаритных стоек трамвайных вагонов, кабин автомобилей) и разравнивание грунта в процессе погрузки его.

Работы должны быть организованы так, чтобы грунт с транспортера погружался непосредственно на автотранспорт или грузовые электропоезда. Работа в отвал нецелесообразна.

Использование экскаватора (чистая экскавация) во времени обычно принимается равным 0,67 при погрузке на автотранспорт и 0,585 при погрузке на электротранспорт.

Грунт на средства перемещения погружают механически транспортером экскаватора; рабочих для нагрузки не требуется.

При машинах-самосвалах разгрузку производят также механически (в этом случае и при разгрузке рабочих не требуется), а при машинах не самосвалах разгрузка производится вручную.

Фиг 180. Погрузка грунта многоковшовым экскаватором на автотранспорт.

В первом случае на месте свалки необходимо иметь лишь специальную бригаду для планировки грунта. Бригаду назначают по специальному расчету в зависимости от количества поступающего грунта и назначения свалки. Во втором случае планировку производят рабочие, которые разгружают машины.

Электротранспорт для отвозки грунта может применяться при постройке второго пути или при капитальном ремонте. В этом случае трамвайные платформы под погрузку подают на соседний трамвайный путь, причем должно быть организовано сквозное поточное движение трамвайных поездов во избежание простоев экскаватора.

Подача автомобилей для отвозки грунта может быть организована или поточным движением (в этом случае при подходе автомобиля транспортер поднимается), или автомобиль должен подойти под транспортер кузовом вперед (очередные автомобили объезжают автомобиль, стоящий под нагрузкой, и после его ухода идут под нагрузку задним ходом). В обоих случаях нужно следить, чтобы автомобиль не сбил кабиной транспортер.

Погрузка грунта на автомобили показана на фиг. 180. Грузоподъемность транспорта в куб. метрах грунта показана в табл. 32.

Таблица 32

Грузоподъемность транспорта при перевозке грунта в куб. метрах

Наименование транспорта	Категории грунта	
	I—II (песок)	III—IV (глина)
Автомобиль 1,5-т	1,0	0,85
Автомобиль 3 „	2,0	1,71
Автомобиль 5 „	3,33	2,86
Трамвайный поезд из трех вагонов	10,0	8,5
Трамвайный поезд из двух вагонов	6 0	5,1

Время, необходимое на один цикл погрузки (периодичность смены транспорта у экскаватора), представляющее собой сумму времени на погрузку экскаватором, маневрирование транспорта при подаче к экскаватору, отъезд от экскаватора и технический простой экскаватора (коэфициент использования экскаватора по времени), равно:

Для автомобиля	1,5 т	— 2,1 мин.
„ „	3 „	— 4,2 „
„ „	5 „	— 7,1 „
„ трамвайных поездов из трех вагонов	15 т	— 24,0 „
„ трамвайных поездов из двух вагонов	9 т	— 14,5 „

Скорость перемещения автотранспорта, принятая в км/час., указана в табл. 33.

Таблица 33

Скорость перемещения автотранспорта в км/час.

Дальность перемещения, км	Автомобиль	
	1,5 т	3 и 5 т
До 0,5	12	10
1,0	14	12
2,0	18	16
3,0	20	18
5,0	24	20

Для электротранспорта скорость отвозки принимают, вне зависимости от дальности, по средней скорости согласно плану трамвая.

Время, потребное на один цикл разгрузки, принимают при разгрузке вручную по нормам в зависимости от количества рабочих на разгрузке и типов грунтов.

Для самосвалов можно принять полное потребное время на один цикл разгрузки в 1,5 мин.

Потребное количество транспорта для нормального использования экскаватора определяется по формуле:

$$N = \frac{W\left(t_1 + t_2 + \frac{l}{v_1} + \frac{l}{v_2}\right)}{2c\alpha},$$

где W — выработка экскаватора за 8 час в м³,

c — грузоподъемность автомобиля или поезда в м³,

t_1 — время, потребное на нагрузку одного автомобиля или поезда с учетом коэфициента использования экскаватора в часах,

t_2 — время, потребное на разгрузку одного автомобиля или поезда в часах,

v_1 — скорость транспорта с грузом в км/час.,

v_2 — скорость транспорта без груза в км/час.,

l — расстояние отвозки грунта в км,

α — коэфициент использования транспорта по времени.

Полученное количество единиц транспорта по времени округляют до целого числа. Выгодность округления в сторону увеличения или уменьшения определяется путем сравнения суммарной стоимости 1 м³ грунта (экскавации и отвозки) по формуле:

$$K = \frac{aN_1}{W_1} + \frac{b}{W_1},$$

где: K — полная стоимость экскавации и отвозки 1,0 м³ грунта,

a — стоимость авто- или поездосмены (транспорта) в рублях,

b — стоимость машиносмены экскаватора в рублях,

N_1 — округленное количество единиц транспорта,

W_1 — производительность экскаватора в смену в м³, соответствующая округленному количеству транспорта.

При округлении в сторону увеличения $W_1 = W$.

При округлении в сторону уменьшения $W_1 = W\frac{N_1}{N}$.

Электропоезда нужно подавать к экскаватору по графику из расчета потребного времени на один цикл погрузки, а именно:

для поездов 15 т — через 24 мин.,
для поездов 9 т — „ 14,5 „

Конструктивная производительность экскаватора составляет от 22,2 до 57,5 м³ грунта в час при работе в отвал.

Практическая производительность при погрузке грунта на автотранспорт 225—267 м³ за 8 час. и при погрузке на электротранспорт 195—229 м³ за 8 час.

Таким образом за 8-часовую смену экскаватор при отсутствии простоев может дать при ширине 3 м и глубине 0,5 м от 130 до 178 пог. м готового котлована под трамвайный путь.

Одноковшовые экскаваторы

Одноковшовые экскаваторы (механические лопаты) при строительстве трамвайных путей применяют обычно малой производительности, так как при сравнительно незначительном объеме земляных работ нецелесообразна эксплоатация мощных экскаваторов.

Применяются одноковшевые экскаваторы большей частью при строительстве загородных линий, хотя иногда их используют и

Фиг. 181. Работа одноковшового экскаватора.

в городских условиях (фиг. 181). Однако, с появлением специальных многоковшевых экскаваторов применение их в городских условиях менее желательно.

Типов одноковшевых экскаваторов много. Экскаватор состоит из ковша (черпака) с рукояткой; стрелы, поддерживающей рукоять с ковшом; поворотной платформы, на которой устанавливается нижний конец стрелы; опорной ходовой тележки, состоящей из рамы и ходовых частей и силового оборудования.

Иногда вместо рукоятки ковш подвешивается на канатах; такой экскаватор называется драглайном.

Работа экскаватора заключается в том, что ковш при наматывании или сматывании цепи или каната с барабана подъемной лебедки может подниматься или опускаться, будучи скреплен с канатом через подвижной блок, находящийся на конце стрелы. Кроме того, он имеет возможность подвигаться вперед и назад с рукоятью, которая имеет специальную зубчатую рейку.

Двигатели одноковшевых экскаваторов бывают паровые и внутреннего сгорания. Наиболее применимы при постройке трамвайных путей экскаваторы с двигателями внутреннего сгорания.

Конструктивная производительность экскаватора в куб. метрах за один час работы определяется по формуле:

$$W = nq60K_pK_cK_н,$$

где: n — число оборотов ковша в 1 мин.,
q — емкость ковша в м³,
K_p — коэфициент разрыхления грунта в ковше,
K_c — коэфициент сопротивления грунта резанию,
$K_н$ — коэфициент наполняемости ковша.

Число оборотов ковша в минуту принимают:

для неполноповоротных экскаваторов	3,5—4,0,
для полноповоротных экскаваторов	3,0—3.5,
для драглайнов	2,0—2,5.

Коэфициент разрыхления грунта в ковше есть отношение единицы объема грунта в плотном теле к объему того же количества грунта в разрыхленном состоянии.

Коэфициент сопротивления грунта резанию есть число оборотов ковша в минуту в данном грунте к числу оборотов, принятому для песчаных грунтов.

Коэфициент наполняемости ковша при высоте забоя в 4 м и более дает максимальное возможное наполнение ковша.

Значения этих коэфициентов приведены в табл. 34.

Таблица 34

Значения коэфициентов K_p K_c $K_н$

Коэфициент	Категории грунтов		
	I—II (песок)	III—IV (глина)	Скала
K_p	0,90	0,80	0,60
K_c	1,0	0,77	0,69
$K_н$	0,95	0,80	0,70

Эксплоатационная производительность экскаватора в куб. метрах за один час работы определяется по формуле

$$W_э = WK_в,$$

где: W — конструктивная производительность экскаватора в куб. метрах в час,
$K_в$ — коэфициент использования экскаватора во времени, зависящий от типа экскаватора, его конструкции, вида транспортных средств, и колеблется от 0,45 до 0,90.

Наибольшая производительность экскаватора получается при

его работе в отвал, но она вызывает вторичное перемещение грунта, что не всегда рационально.

Экскаваторы обслуживаются двумя бригадами: верхней и нижней. В обязанности верхней бригады входит: установка экскаватора в забое, чистая экскавация, передвижка экскаватора в процессе работы, набор топлива, осмотр, смазка и мелкий ремонт в течение смены. В обязанности нижней бригады входит: очистка ковша, очистка пути и забоя.

Нормы выработки наиболее часто применяемого в трамвайном строительстве экскаватора «Комсомолец» на гусеничном ходу, с двигателем внутреннего сгорания, емкостью ковша 0,35 м³, производительностью 28 м³ в час для песчаных грунтов и 22 м³ для глинистых грунтов. Состав бригад: верхней — машинист 6 разр. — 1 и слесарь-смазчик 4 разр. — 1; нижней — рабочий 2 разр. — 1.

Механические средства перемещения грунта

Грунт при земляных работах, как уже указывалось, можно перемещать вручную, конной тягой, вагонетками, автомобилями и электропоездами. Наиболее эффективны средства транспорта, снабженные саморазгружающимися приспособлениями. При их использовании не требуется специальных бригад рабочих для разгрузки грунта, а на свалках достаточно иметь или рабочих для разравнивания грунта, или специальные машины.

Тип автомобиля-самосвала показан на фиг. 182. Кузов опрокидывается назад (фиг. 182-а) и на бок в любую сторону (фиг. 182-б), поэтому он очень удобен особенно при работах в трамвайных путях, где опрокидывание кузова только назад, из-за узости места, например, при подвозе балласта, не представляется возможным использовать.

Большое распространение получил в последнее время автомобиль-самосвал Ярославского завода, имеющий следующую характеристику:

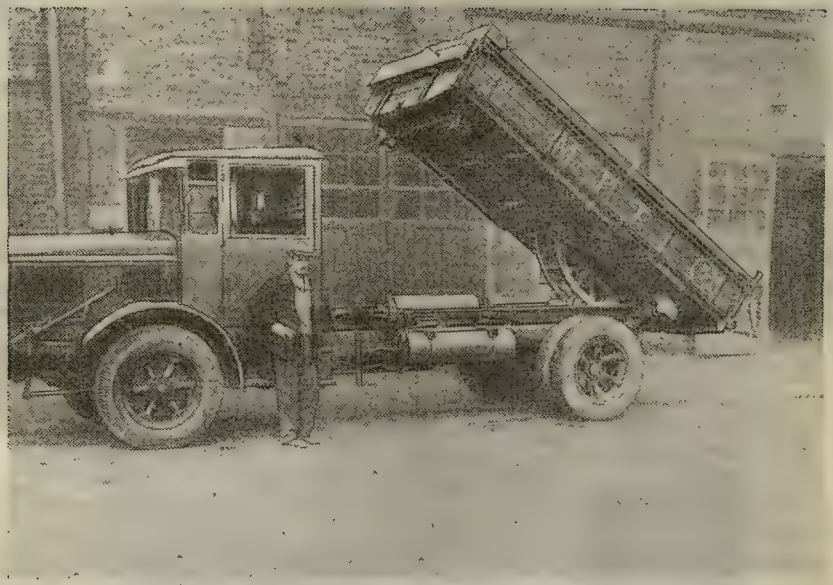
площадь пола	6 м²
объем кузова	3,4 м³
полезная нагрузка	4 т
наибольшая скорость	42 км/час
угол подъема платформы	50°

Кузов самосвала деревянный, окованный 2-мм листовой сталью, что весьма удобно при выгрузке сыпучих материалов. Опрокидывается этот самосвал исключительно назад.

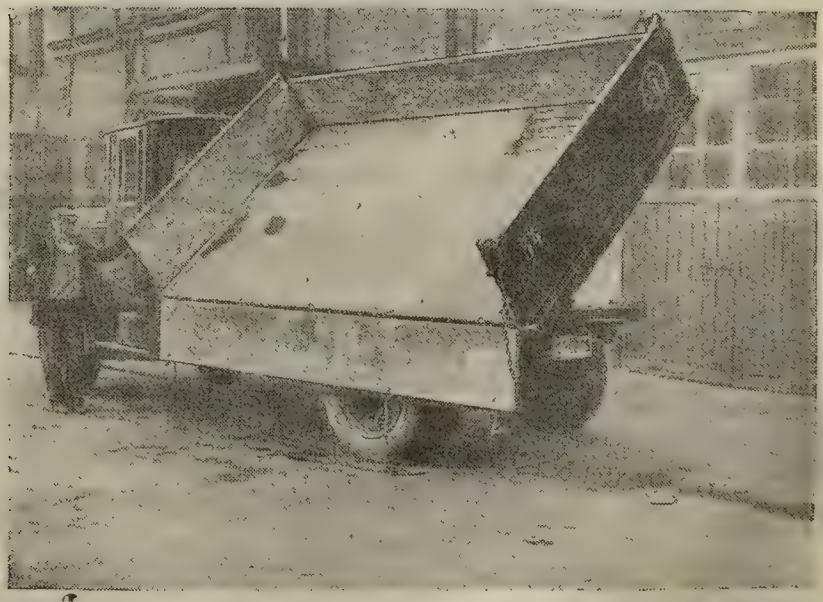
Подъем кузова осуществляется гидравлическими подъемниками, действующими от мотора автомобиля.

Автомобили-самосвалы применяются также и переоборудованные из нормальных автомобилей ЗИС-5 грузоподъемностью 3 т и ГАЗ-АА грузоподъемностью 1,5 т.

Оригинальное приспособление применяется для полуторатонных машин ГАЗ-АА, которые вместо нормального кузова оборудуют кузовом вагонетки Коппеля, объемом 0,75 м³. Рама кузова



а



б

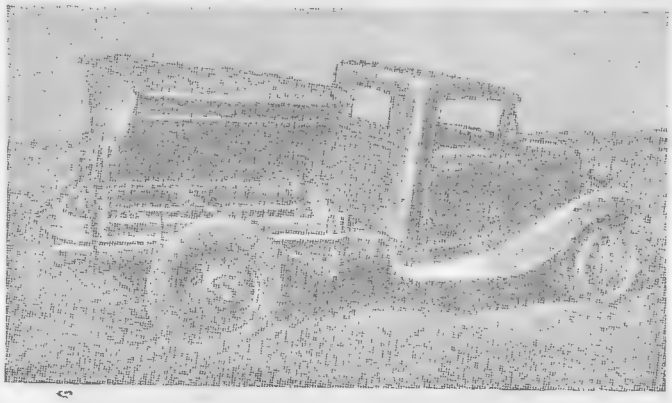
Фиг. 182. Автомобиль-самосвал.

вагонетки скрепляется с рамой автомобиля и кузов закрепляется двумя крючьями на кронштейнах (фиг. 183). Время, потребное на опоражнивание кузова, составляет около 1,0 мин.

Применяются также и нормальные самосвалы Горьковского завода грузоподъемностью 1,5 т, имеющие следующую характеристику:

площадь пола	2,7 м²
объем кузова	1,1 м³
полезная нагрузка	1,5 т
угол подъема платформы . .	45°

Электропоезда-самосвалы должны сыграть также большую роль в рациональной организации земляных работ при строительстве, а особенно при ремонте трамвайных путей. Однако, уста-



Фиг. 183. Авто-самосвал с кузовом вагонетки Коппеля.

новленного типа такого поезда пока не имеется. Проводимые в большом количестве опыты еще не дали результатов, достаточных для того, чтобы рекомендовать какой-либо тип поезда-самосвала.

§ 121. Организация и производство работ при устройстве нижнего строения трамвайных путей.

К устройству основания для трамвайного пути приступают после окончания земляных работ и планировки дна котлована в городских проездах или земляного полотна для трамвайных линий на собственном полотне.

По своему характеру работы при устройстве оснований зависят от их типов.

Устройство шпально-песчаных оснований.

По спланированному дну котлована или спланированному земляному полотну насыпи или выемки рассыпают песок слоем высотой на 2—3 см меньше принятой проектом толщины балла-

ста (от подошвы шпалы до грунта) и уплотняют его большей частью ручными или пневматическими трамбовками. Балласт нужно подвозить на полотно путей непосредственно из карьера.

Толщину слоя песка от подошвы шпалы до грунта при водопроницаемых грунтах обычно принимают 15 см, а при прочих грунтах — 25 см.

По уплотненному балласту раскладывают шпалы длиной 2,7 или 2,5 м в количестве 1700—1840 шт. на 1,0 км; наружные торцы шпал (со стороны проезжей части или обочины) выравнивают по шнуру.

На стыках (сборных и сварных) шпалы укладывают сближенными с расстоянием между осями в 50 см. Перекосы шпал не допускаются.

На прямых участках пути шпалы укладывают перпендикулярно оси пути, а на кривых — радиально (совпадающими с направлением радиуса кривой).

Применение шпал разной длины на одном участке запрещается; нужно укладывать шпалы длиной 2,7 м или 2,5 м.

Шпалы желательно подвозить к месту работ непосредственно перед их укладкой, во избежание дополнительной их переноски.

Шпалы нужно укладывать с предварительно просверленными дырами для костылей диам. 12 мм, глубиной от 10 до 12 см и обязательно пропитанные. Непропитанные шпалы допускаются лишь как исключение и на временных линиях.

Шпалы необходимо применять не ниже типа IV-Б, за исключением временных и запасных путей, на которых могут применяться шпалы типа ниже IV-Б.

В местах расположения колодцев укладывают шпалы-коротыши.

После укладки рельсов, сварки и сборки стыков и постановки тяг производят пришивку рельсов к шпалам.

Рельсы типа Виньоль нужно укладывать на металлические подкладки с подуклонкой в $^1/_{20}$ и пришивать к шпале тремя костылями, одним снаружи и двумя изнутри.

Рельсы типа Феникс на прямых укладывают также на подкладках и пришивают тремя костылями, но иногда при наличии широкой подошвы укладывают и без подкладок и пришивают двумя костылями. На кривых же эти рельсы во всех случаях необходимо укладывать на металлических подкладках и пришивать тремя костылями.

При пришивке рельсов необходимо следить за тем, чтобы костыль ставился вертикально и удары костыльного молотка были направлены вдоль костыля, перпендикулярно поверхности шпалы.

Воспрещается выправление костыля боковыми ударами по его головке.

Устройство шпально-щебеночных оснований

Шпально-щебеночные основания применяются двух типов: простые шпально-щебеночные и шпально-щебеночно-пакеляжные.

Простые шпально-щебеночные основания применяются при водопроницаемых грунтах и толщине балластного слоя 20 см; шпально-щебеночно-пакеляжные — при водонепроницаемых грунтах и толщине слоя щебня 10 см.

При устройстве путей в замощенных проездах применяются рельсы типа Феникс, а на обособленном полотне — рельсы типа Виньоль.

По спланированному дну котлована или земляному полотну насыпи или выемки рассыпают слой песка в 5 см, после чего для устройства простых шпально-щебеночных оснований рассыпают крупный щебень размером от 25 до 75 мм.

Щебень рассыпают слоем в 20 см и уплотняют укаткой сначала 2—5-тонными, а потом 10-тонными катками или трамбованием пневматическими трамбовками с таким расчетом, чтобы после укатки толщина слоя крупного щебня была равна 15 см.

Для устройства шпально-щебеночно-пакеляжных оснований на спланированное земляное полотно рассыпают и разравнивают песок слоем 3—5 см и на приготовленную таким образом постель укладывают пакеляж.

Камни ставят на песчаную постель острием вверх с соблюдением перевязки швов. Каждый камень должен стоять плотно, но независимо от соседних камней и не опираться на них. Неровности верхушек камней сбивают молотком или кувалдой и камни расклинивают — в промежутки между ними загоняют молотком осколки камней, после чего незаполненные промежутки заполняют щебнем размером 25—50 мм.

По поверхности пакеляжа рассыпают и разравнивают граблями слой щебня размером 25—30 мм, толщиной 7—8 см, после чего производят уплотнение щебня укаткой или пневматическими трамбовками с таким расчетом, чтобы после укатки толщина уплотненного основания была на 5—7 см меньше принятой проектом (необходимый слой для подбивки шпал).

Укатку нужно вести в два приема: сначала легкими 2—5-тонными катками, а потом более тяжелым 10-тонным. Необходимо следить за равномерностью укатки, так как при неравномерной укатке возможно образование корыт не только на поверхности укатываемого основания, но и на земляном полотне.

Появляющиеся при укатке волны нужно разравнивать железными граблями или лопатами.

Во время укатки производят поливку щебня водой из брандспойта с разбрызгивателем или из леек.

Укатку производят полосами с перекрытием их катком не менее чем на 15—20 см. По каждой полосе каток должен пройти 10—20 раз, т. е. до тех пор, пока отдельные щебенки перестанут перемещаться под ногами.

При незначительных объемах работ и при капитальном ремонте пути без перерыва движения вместо укатки разрешается производить уплотнение щебня пневматическими (или механическими) трамбовками с поливкой щебня водой. Трамбование про-

изводят также до тех пор, пока щебень не перестанет перемещаться под ногами.

По уплотненному балласту укладывают шпалы длиной 2,7—2,5 м в количестве 1600—1700 шт. на 1 км тем же порядком, что и при устройстве шпально-песчаных оснований.

Моторные катки, применяемые для укатки щебня при устройстве шпально-щебеночных и шпально-щебеночно-пакеляжных

Фиг. 184. Укатка щебеночного основания моторным катком.

оснований, — 10-тонный Рыбинского завода и 5-тонный Дормашобъединения имеют следующие характеристики:

	10-т	5-т
Рабочий вес	9,75 т	5,0 т
Ширина колеи	1900 мм	1800 мм
Количество осей	2	2
Диаметр колес (барабанов):		
передних	1000 мм	900 мм
задних	1545 мм	1300 мм
Ширина барабанов:		
переднего	2×550 мм	2×523 мм
заднего	500 мм	425 мм
Давление на пог. см ширины барабана: переднего	28,5 кг	17,3 кг
заднего	70 кг	37,5 кг

Моторный каток при укатке щебеночного основания (фиг. 184) обслуживает один моторист, который производит: укатку (про-

ходы катка вперед и назад), обслуживание катка во время работы и подготовку катка к работе.

До начала работ щебень в котловане должен быть подготовлен к укатке: рассыпан и спланирован по длине и по ширине котлована.

В местах котлована, имеющих препятствия, а также в начале и конце котлована должны быть устроены приспособления для возможности выезда и въезда катка в котлован.

Укатку начинают с наружной полосы (сторона котлована, прилегающая к проезжей части улицы), в конце участка каток без поворота переводят на задний ход и он идет обратно по этой же полосе, после чего переключается на следующую полосу. Укатка в таком чередующемся порядке продолжается несколько раз, до тех пор, пока щебень под катком уплотнится.

Если толщина укатываемого слоя щебня больше 20 см, укатку ведут в два слоя.

После окончания укатки одного участка моторист выводит каток из котлована и переходит на следующий участок.

Производительность 10-т катка за 8 час. равна:

при длине укатываемого участка 50 м — 630 м²;

при длине 100 м — 730 м², при длине 200 м и более — 800 м²

Устройство бетонных оснований

Основные условия, определяющие качество бетонных работ:

а) правильное выполнение опалубочных и земляных работ;

б) подбор и дозировка составляющих бетона в соответствии с требуемой маркой его — показателем временного сопротивления на сжатие (110—130 кг/см²);

в) своевременность и плотность укладки бетона;

г) уход за бетоном, уложенным в дело.

Установка опалубки. Опалубку устанавливают после тщательной планировки земляного полотна с уклоном 0.01. Для устройства опалубки применяют лесной пиломатериал III сорта.

Для возможности получить бо́льшую оборачиваемость опалубки нужно применить доски толщиной 30—50 мм, так как более тонкие доски быстро приходят в негодность.

Для устройства опалубки нижней подушки (плиты) при устройстве шпально-бетонного основания по границе плиты забивают колья на высоту, равную толщине плиты. К кольям приставляют с внутренней стороны доски и укрепляют их забивкой кольев с внутренней стороны.

Высота досок должна быть равна высоте плиты.

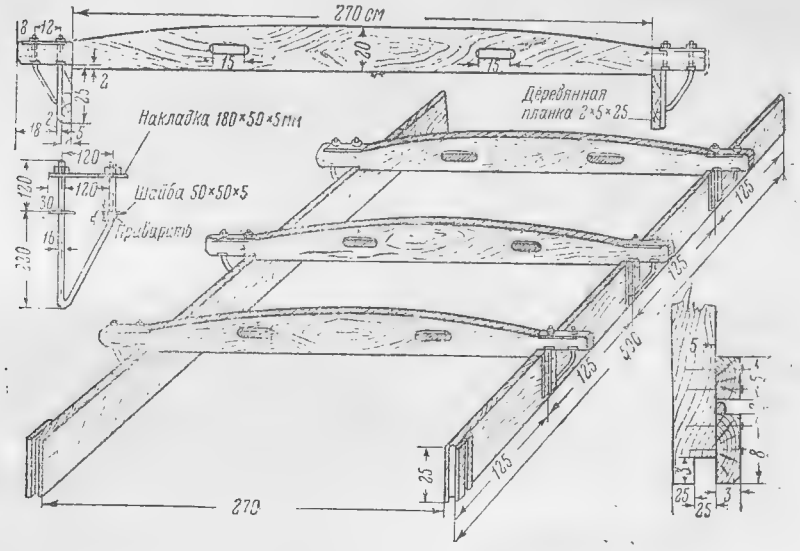
Швы, сопрягающие доски опалубки, не должны иметь зазоров.

Проверку геометрической правильности установки опалубки производят нивелиром. Отклонения допускаются не свыше ± 5 мм.

Для ускорения работ и с целью сохранности материала рекомендуется при бетонировании плиты применять постоянную разборную опалубку (фиг. 185), состоящую из досок длиной 5 м,

скрепленных стяжками. Собранную секцию опалубки устанавливают на спланированное дно котлована, а каждая последующая секция входит в пазы предыдущей, создавая плотное соединение их стыков.

Для устройства опалубки при бетонировании надшпальной подушки под асфальтовое покрытие ставят опалубку из досок или брусьев на расстоянии 25 см от оси рельса по обе его стороны, с тем, чтобы получить пазуху общей шириной 50 см.



Фиг. 185. Разборная опалубка.

В этом случае также можно применять разборную опалубку, но имеющую другие размеры.

Транспортирование бетона. Если бетон изготовляется на бетонном заводе, то к месту укладки его необходимо доставлять в такие сроки, которые позволили бы уложить его в дело до начала схватывания. Наибольший промежуток времени с момента выхода бетона из бетономешалки до момента укладки в дело устанавливают заранее на основании данных о схватывании цемента, с учетом температурных условий.

Бетон перевозят в специальных машинах, оборудованных смесительным барабаном. Если таких машин нет, то бетон нужно перевозить в плотной таре, исключающей возможность утечки жидкой составляющей бетона.

Бетон, при перевозке его в грузовых автомобилях с неплотно закрывающимися бортами, нужно укладывать на брезент, разостланный по дну кузова. После выгрузки брезент очищают метлами от приставших частиц бетона и промывают сильной струей воды из брандспойта.

При наличии расслоения смеси во время перевозки необходимо немедленно сообщить об этом на завод, который должен принять меры против распада. Расслоившийся бетон перед укладкой необходимо перелопачивать без добавления воды.

Изготовление бетона на месте можно допускать только при незначительных объемах работ. В этом случае пользуются нормальными передвижными бетономешалками малой емкости.

Укладка бетона. Привезенный бетон нужно выгружать непосредственно в котлован на место укладки. В исключительных случаях, по местным условиям, допускается выгрузка бетона на переносный деревянный щит размерами 2 × 3 м, уложенный у бровки котлована.

При наличии асфальтового уличного покрытия, также в исключительных случаях, допускается выгрузка бетона непосредственно на асфальт.

Перед укладкой бетона дно котлована поливают водой, но с таким расчетом, чтобы не образовалось грязи. Дно котлована предварительно должно быть спланировано и уплотнено. При глинистом грунте иногда предварительно укладывают слой песка в 5 см.

Через каждые 20 м по длине подушки в ней должны быть устроены поперечные температурные швы. Для этого в бетон закладывают доски толщиной 12,5 см, а затем после схватывания бетона их вынимают.

Уложенный бетон при устройстве плиты разравнивают граблями ровным слоем толщиной на 10—20% больше проектного с таким расчетом, чтобы после уплотнения толщина слоя была равна проектной.

Немедленно после разравнивания производят уплотнение бетона поверхностными электрическими вибраторами. Вместо вибраторов можно пользоваться пневматическими или ручными трамбовками.

Уплотнение надо производить до тех пор, пока трамбуемая поверхность не заблестит от выступившей на ней влаги.

Уплотнение ручными трамбовками достигается не сильными и редкими ударами, а более частыми ударами средней силы, с падением трамбовки весом 12—16 кг с площадью подошвы 16 × 16 см с высоты до 25 см.

Трамбовщики становятся в шахматном порядке, производят удары трамбовок одновременно и возможно ближе друг к другу.

После окончательного уплотнения бетона и выравнивания верхней поверхности его, необходимо принять меры против высыхания. Для этого верхнюю поверхность бетона нужно покрыть рогожами или мешковиной, обильно поливая их водой. Подушку нужно поддерживать во влажном состоянии в течение 4 суток.

Рельсы и шпалы можно укладывать не ранее, чем через 4 дня после окончания укладки бетона при применении нормального бетона и не ранее чем через 2 дня при применении бетона с ускорителями в виде, например, 2% раствора хлористого кальция.

Бетон, уложенный для надшпальной подушки под асфальтовое покрытие, разравнивают граблями с тем, чтобы поверхность не-

уплотненного бетона была ниже головки рельса на 2—3 см. Разровненную поверхность бетона немедленно уплотняют поверхностными вибраторами, пневматическими или ручными трамбовками.

Уровень уплотненного бетона должен быть на 5—7 см ниже уровня головки рельса.

До покрытия асфальтобетоном (через 4 дня) поверхность бетона также нужно поддерживать во влажном состоянии.

Уложенный бетон до 25% проектной прочности необходимо предохранять от механических воздействий (проезд, проход людей) и от воздействия сильных дождей, вымывающих цемент.

Контроль прочности бетона. При бетонных работах производится следующий контроль:

проверка дозировки — два раза в смену;
проверка консистенции — три раза в смену;
проверка прочности бетона — минимум на каждые 200 м³ бетона.

Для испытания прочности бетона изготовляют шесть контрольных кубиков: три кубика испытывают на 7-й день и три кубика на 28-й день.

Каждую пробу кубиков изготовляют одновременно на месте производства работ и хранят в формах в тех же условиях, что и уложенный бетон.

На постройке необходимо вести «журнал производства работ». В журнале указывают: точное количество выполненных работ по размерам и натуре; последовательность и дату производства работ отдельных частей и конструкций; сроки распалубки конструкций; качество сырья; подбор состава бетона; данные об изготовлении, хранении и испытании контрольных кубиков; данные о погоде и мерах ухода за готовым бетоном; качество производимых работ и способы их производства.

Устройство шпально-щебеночного основания на бетонной плите. По готовой бетонной плите-подушке раскладывают шпалы длиной 2,5 м в количестве 1600 шт. на 1 км при соблюдении тех же условий, что и для других шпальных оснований.

В местах расположения колодцев допускается укладка шпал коротышей.

Прикрепление рельсов к шпалам производится шурупами, по 4 шурупа на шпалу, завинчиваемыми в предварительно высверленные в шпалах отверстия. Забивка шурупов воспрещается. Шурупы завинчивают при помощи специальных торцовых ключей.

Порядок производства работ при укладке шпально-бетонного основания под существующие пути без перекрытия движения.

Устройство бетонного основания при реконструкции существующих путей, как правило, нужно вести с перекрытием движения отдельными участками длиной от 400 до 700 м. При помощи стрелок один путь, на котором ведутся работы, выключают и движение поездов происходит в оба направления по одному пути.

Безопасность движения по одному пути достигается устройством соответствующей блокировки или сигнализации.

В качестве крайней меры на участках, где по условиям количества и частоты маршрутов невозможно двустороннее движение поездов по одному пути, допускается устройство бетонного основания по способу, описанному ниже, без полного перекрытия движения, но, по возможности, с более ранним его окончанием и более поздним началом.

Первая стадия работы, которая должна быть закончена в течение ночи до открытия движения, состоит из разборки мостовой и полного освобождения шпальных ящиков от старого балласта до уровня нижней постели шпалы.

Вторая стадия работы, которая выполняется и заканчивается или в ту же первую ночь, или во вторую ночь, состоит в следующем.

Стыки разбирают, а при сварных — рельсы разрезают, путь расшивают, после чего старые рельсы и шпалы убирают из котлована.

По окончании разборки пути на старую балластную подушку раскладывают новые шпалы длиной 2,5 м с расстоянием между осями шпал в 1,89 м. Торцы шпал (со стороны проезжей части или обочины) тщательно выравниваются по шнуру.

На разложенные шпалы затаскивают сваренные плети новых рельсов, которые временно скрепляют со шпалами.

Одновременно с креплением рельсов ставят поперечные тяги и собирают температурные стыки, а также делают временные соединения со старым путем. После этого новый путь выравнивают подбивкой его старым балластом и рихтуют. К моменту начала движения путь должен быть вполне готов к пропуску вагонов.

В следующей, третьей стадии работы производится выемка котлована начисто, планировка и уплотнение его дна. Старый балласт из под шпал вынимают и под шпалы подводят бетонные столбики высотой 22 см, шириной и длиной по 30 см. Под каждую шпалу подводят два столбика, которые ставят точно под рельсами. Нижняя поверхность столбиков должна совпадать с отметкой дна котлована.

Окончательную подъемку пути до проектной отметки головки рельса делают при помощи деревянных клиньев, которые загоняют между шпалой и столбиками.

С этого момента движение вагонов происходит по пути, поднятому на бетонные столбики и деревянные клинья, а подготовленное дно котлована освобождено для постановки опалубки и устройства бетонной подушки.

Опалубка делается из двух досок толщиной 50 мм и шириной 25 см. Доски ставят на дно котлована по ширине подушки в 2,70 м параллельно и симметрично относительно оси пути. Опалубку с внутренней стороны крепят при помощи деревянных кольев, а с наружной — посредством крючьев из 20-мм круглого железа, которыми опалубка связывается с подошвой рельса.

Когда опалубка готова, приступают к укладке бетонной подушки способом, описанным выше для устройства пути на

шпально-бетонном основании. Через двое суток после укладки бетонной подушки, в промежутки между шпалами, под рельсы, подводят по две недостающих шпалы таким образом, чтобы расстояние между осями шпал было 63 см. Торцы этих шпал выравнивают по шнуру, и шпалы скрепляют с рельсами при помощи подкладок и шурупов. После этого производят общую подбивку шпал, причем деревянные клинья над бетонными столбиками вынимают, а бетонные столбики остаются заделанными в бетонной подушке.

Порядок производства работ при укладке сборных железобетонных плит

Изготовленные на заводе железобетонные плиты подвозят к месту работ и складывают, при достаточной ширине проезжей части улицы, у бровки котлована для трамвайных путей. Если ширина улицы недостаточна, то плиты складывают в ближайшие переулки или дворы домовладений и подтаскивают к месту во время работ.

Погрузка и выгрузка плит производится при помощи автокрана или крана на трамвайной платформе грузоподъемностью не меньше 3 т и при высоте стрелы крана не более 4,5 м. Такая высота не нарушает безопасности работ при наличии тока в проводах контактной сети трамвая.

Железобетонные плиты имеют в верхней своей плоскости выпущенные крюки из арматурного железа, за которые и зацепляется специально приспособленная рама крана.

После тщательной, по нивелиру и шаблону, планировки дна котлована таким же краном укладывают в котлован плиты так, чтобы плита ложилась одновременно всей плоскостью сразу на свое место. При неравномерном опускании плит планировка дна котлована будет нарушаться.

Когда плиты будут уложены и положение их выверено, то, если они имеют в стыках выпущенную арматуру, производится заделка ее бетоном и укладка шпал. Шпалы укладываются с таким расчетом, чтобы стык плиты приходился посередине между шпалами — на расстоянии 31,5 см от оси каждой шпалы. Точность раскладки шпал (с допусками 1—2 см) обязательна, чтобы можно было правильно уложить железобетонные блоки под асфальтовое покрытие.

В остальном работы не отличаются от устройства нормального шпально-бетонного основания.

§ 122. Организация и производство работ при устройстве верхнего строения пути на прямых участках

Тип рельсов, предназначенных к укладке, определяется проектом. Все стыки рельсов, за исключением температурных, должны быть сварены термитом или электросваркой.

Укладка рельсов короче 8 м не рекомендуется. Исключение могут составлять временные и запасные пути, на которых разрешается укладка и более коротких рельсов.

Температурные стыки необходимо устраивать в зависимости от наибольшей разности температур данной местности и в соответствии с техническими условиями. Дыры для стыковых болтов в них должны быть овальные, дающие возможность игры зазора в стыке до 5 мм.

При сборке стыка его нужно выверить так, чтобы получить полное совпадение рабочих канатов двух соединяемых рельсов. Болты ставят гайками внутрь колеи. Под гайки должны быть поставлены шайбы Гровера. Воспрещается затягивать гайки при помощи удлинения рычага ключа (в два ключа, наращивание трубой), так как это может сорвать нарезку болта.

Накладки должны плотно подходить к поверхности рельса, создавая его непрерывность.

После сборки стыка с затяжкой всех болтов до отказа стык нужно отрихтовать и, в случае необходимости, выправить боковым прессом, затянув еще раз гайки.

Механических переходных (с одного типа рельса на другой) стыков нужно избегать, заменяя их сваркой.

Сваренные термитом стыки должны быть выполнены комбинированным способом и лишь пропущенные при укладке стыки могут быть выполнены другим способом сварки.

Ширина колеи на прямых участках должна быть равна 1524 мм. Допускается отклонение от принятой ширины колеи до +2 мм; сужение колеи не допускается.

Поперечные тяги, соединяющие две рельсовые нитки пути на прямых участках, необходимы при рельсах типа Феникс.

Расстояние между тягами должно быть 2,5 м при шпальных и 2 м при бесшпальных основаниях.

Диаметр дыры в шейке рельса для тяг должен быть не больше 28 мм (при тягах диам. 25 мм); ось дыры при рельсах типа Феникс высотой 180 мм располагается на высоте 85 мм.

При капитальном ремонте и строительстве пути можно использовать бывшие в деле рельсы, имеющие нормальный износ до 50%. Нельзя допускать к укладке рельсы, имеющие износ выше следующих величин:

Рельсы типа Феникс

Износ по высоте	9 мм
Боковой износ головки	10 „
Боковой износ губки	8 „
Одновременный износ по высоте и боковой:	
по высоте	8 „
боковой	7 „

Рельсы типа Виньоль IIа и IIIа:

Износ головки по высоте	5 мм
Износ головки по горизонтали	9 „

Износ измеряется: вертикальный износ головки — по оси рельса, боковой — на уровне рабочего канта (8 мм ниже верхней поверхности головки рельса), губки — на уровне головки.

Рельсы с волнообразным износом к укладке не допускаются.

Сборные стыки должны быть оборудованы приваренными электросоединениями.

Наименьшее сечение медного электросоединения должно быть 80 мм², длина 350 мм и поверхность контактов в месте приварки не менее 500 мм².

Кроме стыковых электросоединений, через 150 м должны быть приварены путевые электросоединения, соединяющие две рельсовые нитки одиночного пути, и через 300 м междупутные, соединяющие две внутренние нитки двухпутной линии. Путевые и междупутные соединения располагаются в шахматном порядке.

Организация работ при укладке верхнего строения на прямых участках

Верхнее строение начинают укладывать после окончания укладки шпал, на которые раскладываются рельсы. Рельсы могут быть подвезены заранее и положены на стороне (в лотке), а могут подвозиться и непосредственно к пути со склада. В последнем случае рельсы сдвигают в подготовленное основание вручную ломами.

Если рельсы заготовлены на стороне, то их можно подать в котлован трактором или вручную при помощи клещей, с применением катков из обрезков труб или специальных тележек.

Работа трактора, как самостоятельной машины в путевых работах трамвая, предназначается для передвижки рельсов и специальных частей (стрелок, крестовин и пересечений) без какого-либо его переоборудования. Кроме того, он служит тяговой силой для различных прицепных машин (см. фиг. 175, стр. 254).

Трактор, применяемый в путевом хозяйстве, ЧТЗ-Сталинец-60 на гусеничном ходу.

Прицепным приспособлением (тяговым механизмом) трактора служит скоба (крюк), находящаяся на высоте 511 мм от земли. Скобой можно регулировать точку прицепа по ширине на 535 мм.

Давление трактора на грунт 0,47 кг на кв. см.

Перемещение рельсов и специальных частей трактором производится бригадой рабочих в составе двух человек — тракториста и рабочего. Тракторист управляет трактором (пуск в ход, пробег трактора за грузом и с грузом, маневрирование и уход за трактором). Рабочий прицепляет груз к трактору, освобождает крюк от груза и сопровождает трактор при его перемещении.

До начала работ рельсы и специальные части, подлежащие перемещению, должны лежать в таком месте, к которому без затруднений может подойти трактор. На конце рельсов должны быть отверстия для возможности прицепки.

Место перемещения по всей длине должно быть освобождено от посторонних предметов, мешающих передвижению трактора.

Тракторист пускает трактор в ход и подходит к месту расположения рельсов, подлежащих перемещению, разворачивает трактор, дает ему задний ход и подходит к рельсам на расстояние, удобное для прицепки.

Рабочий берет один конец цепи (прицепки), пропускает через звено цепи болт, пропускает его через отверстие в шейке рельса в звено цепи с другой стороны рельса и завинчивает гайку, повторяя эти операции по количеству перемещаемых рельсов или специальных частей.

Если нужно перевезти рельсы, сваренные термитом, то сваренную плеть предварительно нужно перекантовать на головку, так как в сваренных стыках на подошве имеется облив металла, который будет препятствовать перевозке.

После прицепки рельсов тракторист дает трактору передний ход и везет рельсы или специальные части к месту их назначения. Трактор при перемещении груза должен итти на 1-й скорости.

Рабочий сопровождает перемещаемые рельсы или специальные части, имея в руках лом и, по мере надобности, поправляет их и следит за тем, чтобы передние концы их не зацепились за выступающие на мостовой части или другие предметы. По приходе трактора на место разгрузки рабочий отвинчивает гайки, вынимает болты и убирает цепи на трактор.

После отцепки рельсов или специальных частей трактор разворачивается и идет обратно на 2—3-й скорости к месту прицепки новой порции рельсов. Рабочий вслед за трактором переходит к месту прицепки. После этого рабочий цикл повторяется.

Количество перемещаемых рельсов и специальных частей за один раз зависит от местных условий. Нормально производительность трактора при коэфициенте использования 0,85 и при расстоянии перемещения до 50 м равна 56 т, что составляет около 1000 пог. м рельсов Феникс или 1400 пог. м рельсов Виньоль.

Подтащенные к бровке котлована рельсы складывают в котлован вручную ломами и устанавливают вплотную стык в стык.

Указанную работу — подтаскивание рельсов тракторами или вручную за границей выполняют иногда краны на гусеничном ходу, которые укладывают рельсы в котлован на нужное место.

§ 123. Производство термитной сварки

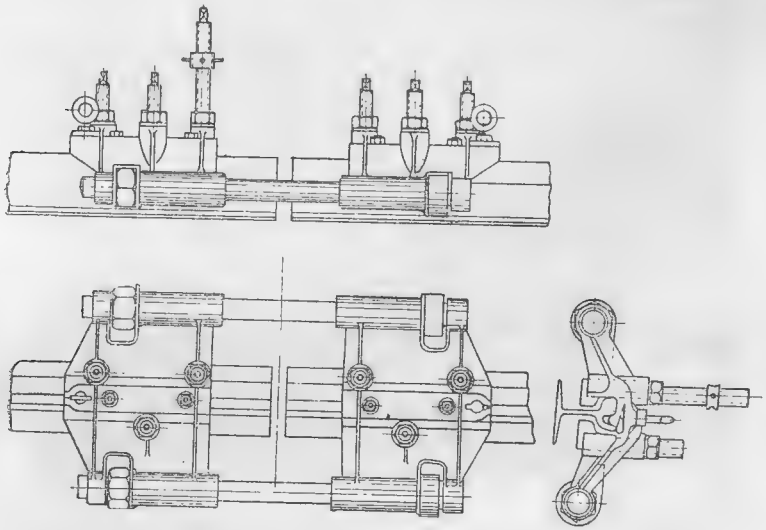
После того, как рельсы уложены в котлован, а при капитальном ремонте обычно предварительно на стороне, рельсы готовят для сварки термитом.

Рельсы перед сваркой нужно тщательно осмотреть и выяснить, нет ли у них изъянов — кривых концов и трещин. Рельсы с такими недостатками сваривать нельзя.

Каждый рельс укладывают не менее, чем на четыре шпалы или бруса. Шпалы около стыка должны быть положены так, чтобы внутренние края их находились от стыка не менее, чем на 500 мм. После этого стальной проволочной щеткой очищают головки каждого конца рельса (сверху) на 500 мм, а шейки и подошвы (обязательно и снизу) на 150 мм. Место под головкой должно быть особенно тщательно очищено.

Если конец рельса запачкан нефтью или маслом, то его необходимо перед зачисткой хорошо прожечь на угольном костре.

Затем делают общую рихтовку (проверяют, чтобы рельсы, сдвинутые вплотную в стык, лежали на одной прямой, без прогиба, излома в стыке) и контурную (профильную) рихтовку, чтобы концы рельсов точно совпадали по головке, шейке и подошве. Контурную рихтовку производят при помощи клиньев. После этого оба конца рельсов зажимают в сжимной аппарат (фиг. 186) так, чтобы стык пришелся посередине пресса. Пресс перекатывают по рельсу на катках, и после установки его, головки рельса зажимаются до отказа.



Фиг. 186. Сжимной аппарат.

Затем, при помощи специальной линейки дается повышение места стыка на расстоянии 500 мм в обе стороны на 1,5 — 2 мм.

Если стык срихтовать горизонтально, то после сварки он окажется опущенным вниз.

После этого малыми штанговыми ключами раздвигают половинки пресса с зажатыми в них концами рельсов так, чтобы между лобовыми (торцовыми) поверхностями образовался зазор, равный толщине диска фрезера (около 50 мм). В этот зазор заводят фрезер и укрепляют его хомутиками.

Головку и часть шейки рельса на величину высоты сварочной пластины фрезеруют (фиг. 187) до получения блестящей поверхности. Фрезеровку нужно производить непосредственно перед сваркой. Если стык, будучи отфрезерован, не был сварен в день фрезеровки, то на следующий день фрезеровку надо повторить.

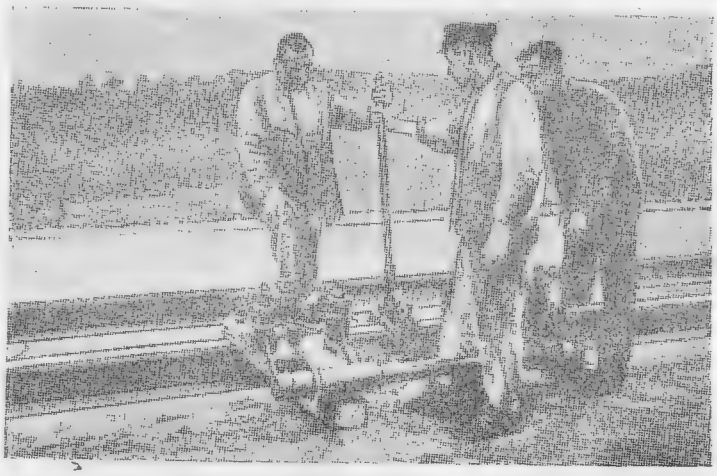
Отфрезерованные лобовые поверхности рельсов трогать руками и сдувать стружки или сор с них нельзя; для этой цели на работах должен быть ручной мех.

Сварочную пластинку вынимают из пакета двумя пальцами за ребра, ни в коем случае не касаясь ее точеных или шлифованных

плоскостей. Пластинка, на которую попало масло, или поржавевшая, должна быть изъята.

Сварочную пластинку ставят на стык таким образом, чтобы верхний край ее на 3 мм выступал за верхнюю плоскость головки рельса и равномерными поворотами ключей с обеих сторон пресса до отказа зажимают в стыке. После этого еще раз проверяют общую рихтовку по направлению.

Затем производят окончательную контурную профильную рихтовку стыка, проверяя специальной, с вырезом для пластины в се-



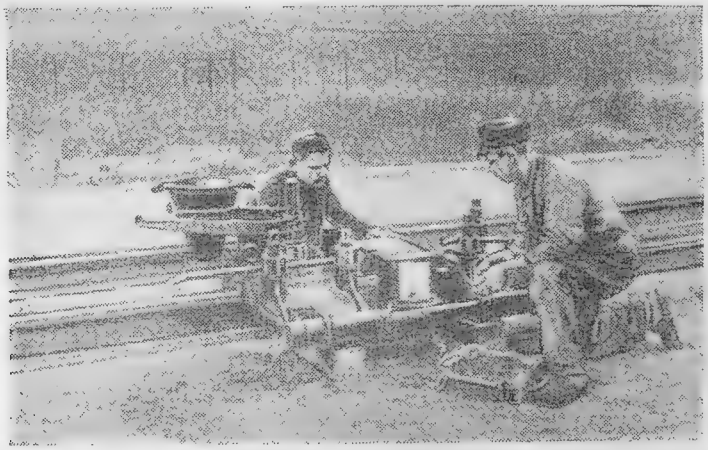
Фиг. 187. Фрезеровка торцов рельсов перед сваркой.

редине, швеллерной линейкой (400 мм длиной), и пластинку чеканят с обеих сторон, обращая особое внимание на место под головкой, где шлаку легче всего проникнуть в шов стыка. На стык надевают формы (опоки), как показано на фиг. 188. Половинки форм насаживают симметрично шву стыка. Стык должен находиться по середине формы (облива). Обе половины формы прижимают при помощи прижимов.

Во время подтягивания формы и обмазки ее глиной верхнее отверстие закрывают железной крышкой и устанавливают тигель так, чтобы его отверстие помещалось над литником формы. Тигли применяются или в виде конического железного кожуха, набитого магнезитом, или массивные железные, покрытые внутри внизу тонким слоем магнезита. После этого пускают в ход бензольную воздуходувку для предварительного подогрева рельсов и форм.

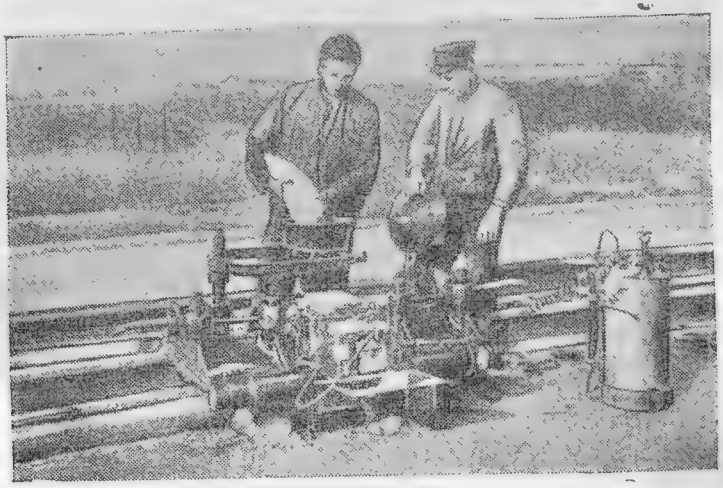
Тигель перед употреблением должен быть высушен на угольной жаровне. В тигель вставляют также подогретый на жаровне штепсель и устраивают его затвор. Для этого в штепсель вставляют гвоздь, который опускается на 40—50 мм ниже дна тигля.

На шляпку гвоздя кладут размятый асбестовый кружок, на который насыпают небольшой слой размолотого в порошке магнезита.



Фиг. 188. Установка сварочных форм на стык.

После устройства затвора в тигель всыпают термит и присадки. Термит, перед тем как высыпать в тигель, необходимо хорошо перемешать, так как алюминий, как более легкий, нежели окалина, оказывается вверху и горение идет неравномерно (фиг. 189).



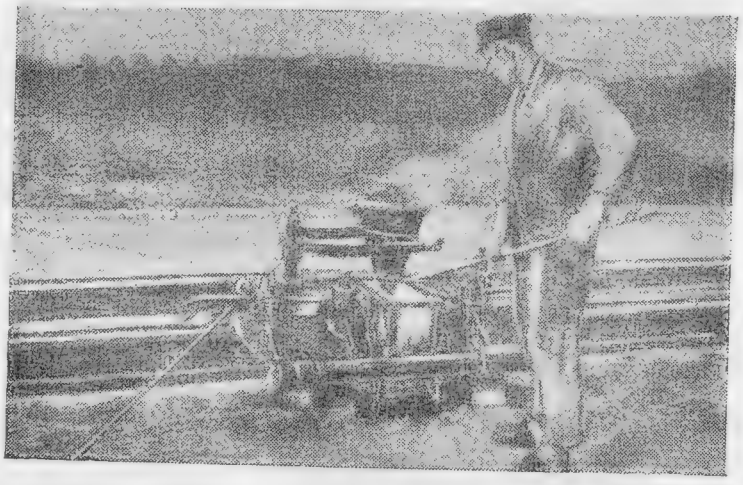
Фиг. 189. Высыпание термита и подогревание стыка.

Стык считается достаточно подогретым, если головка рельса нагрета до каления вишневого цвета, что продолжается 12—14 мин.

По окончании дутья форму накрывают крышкой, отводят горелку, вставляют в отверстие, в которое происходит дутье, специально заготовленную под штампом пробку на глине и замазывают сверху еще раз глиной и подтягивают глиняную тарелку (подошвенник).

Все последующие после прекращения дутья операции до момента выпуска термитного металла необходимо вести самым быстрым темпом, чтобы не застудить подогретого стыка. Это время не должно быть длительнее 2—3 мин.

Головки рельсов прикрывают деревянной лопаткой, которую закладывают с противоположной литнику стороны. Делается это



Фиг. 190. Выливание расплавленного термита из тигля.

во избежание расплавления головки рельса брызгами металла термита.

Иногда стык подогревают при помощи угольной жаровни, но этот способ рекомендовать нельзя, так как он требует больше времени и дает худшие результаты.

Зажигательный капсюль или запальный порошок насыпают в углубление на верхушку холмика термита, зажигают и сверху присыпают немного термитом, а тигель накрывают колпаком.

Бригадир, имеющий дело с выпуском термитного железа, должен быть в это время в специальных очках.

Через 10—12 сек. после начала горения термита ударом по гвоздю прокалывают тигель (фиг. 190), чем выпускают металл в форму, следя за тем, чтобы металл попадал в литник формы. После того как шлак зальет головку рельса, отнимают деревянную лопатку и, отодвигая тигель в сторону, засыпают форму песком для медленного остывания стыка.

Через 3 мин. от начала выпуска термитного железа и шлака в форму нужно сжать стык 4—5 равномерными поворотами штанговых гаек на 60° каждый поворот.

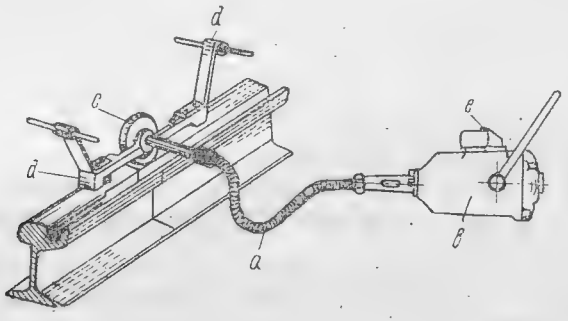
Через 3 мин. снимают подошвенник и всю невысохшую глину.

Сжимной аппарат снимают через 12—20 мин. после подошвенника и на специальных роликах откатывают к другому стыку.

Формы снимают после охлаждения стыка, приблизительно через 2—2,5 часа; тогда же можно сбить со стыка и шлак.

Если сварка идет не на эксплоатируемых путях, то формы лучше оставить до следующего дня.

Каждый сваренный стык желательно отжечь на специальной угольной жаровне. Стык, нагретый до вишневокрасного каления, должен быть выдержан в таком состоянии в течение 20 мин.



Фиг. 191. Шлифовальный станок для запиловки стыка:
a—гибкий шланг; *b*—электромотор; *c*—шлифовальный круг; *d*—направляющий станок; *e*—штепсельная коробка.

После этого стык нужно засыпать сухим песком и дать ему остыть.

Во время остывания стыка есть такой момент состояния стали рельса, когда она может легко ломаться. Поэтому нельзя убирать клинья и шпалы из-под рельса до полного остывания стыка.

Срубка сварочной межстыковой пластинки и удаление нароста на головке сваренного стыка нужно производить слесарным зубилом и молотком. Пользоваться кувалдой и кузнечным зубилом нельзя, так как при этом создаются начальные следы надлома сваренного стыка.

После срубки пластинки, выступающий вбок и вверх головки рельса, и предварительного снятия зубилом утолщенных мест верхней части и рабочего бока головки рельса стык зачищают ручным стругом на длину 500—600 мм, проверяя эту работу специальной стальной линейкой.

Стругом работают по принципу слесарной пилы — когда струг идет вперед по направлению насечки пилы, на него нажимают, обратно струг идет без нажима.

Значительно быстрее производится запиловка при помощи специального электромотора с шлифовальным кругом (фиг. 191).

В практике часто ведут запиловку без станка, направляющего шлифовальный круг, в результате в стыках получаются выбоины.

Признаки, характеризующие сварку:

1. Главным и основным признаком хорошей сварки служит утолщение (до зарубки и запиловки) в месте сварки. Оно должно быть не менее 3 мм.

2. В месте утолщения около пластинки с обеих сторон (также до запиловки) должны быть ясно видны следы чеканки.

3. После опиловки стыка не должно быть следов (волосовин) в местах приварки пластинок к рельсам.

4. Запиловка должна быть сделана так, чтобы линейка длиной в 500 мм плотно по всей длине прилегала к верхней головке рельса.

Бок рельса со стороны рабочего канта должен быть запилен по прямой на длине 300 мм.

5. Плохо сваренный стык при ударе по нему молотком или кувалдой издает короткий, глухой и дребезжащий звук.

6. Короткий, глухой и дребезжащий звук наблюдается в стыке, если у одного или обоих рельсов не была замечена перед сваркой трещина в шейке или подошве.

7. Стык с обливом, имеющим в нижней части гребешок в 5—6 мм толщиной, в большинстве случаев должен быть забракован.

8. Стык, не имеющий утолщения в месте сварки, показывает: запоздалый выпуск металла, плохой подогрев рельса, плохую затяжку кулачков пресса, неисправность пресса.

9. Стык с упущенным металлом, обнажившим расплавленную насквозь шейку, если ее не представится возможным заварить электросваркой, считается негодным.

10. Стык, имеющий излом вдоль рельса в 3 мм на длине 600 мм как в вертикальной, так и горизонтальной плоскостях, считается негодным.

В том случае, когда сварку рельсов ведут на стороне (главным образом, при капитальном ремонте) по 4—6 звеньев, расстояние между температурными стыками делают больше. Поэтому необходимо бывает сварить пропущенные стыки, когда путь уже уложен и отделан. Для этого применяют способ промежуточного литья, заключающийся в том, что в стыке создают зазор в 12—15 мм. Стык тщательно выверяют в вертикальном и горизонтальном направлениях с тем, чтобы все рабочие направляющие грани двух рельсов совпадали. После этого берут огнеупорный вкладыш, подгоняют к гнездам форм, устанавливают на головку рельса и тщательно обмазывают со всех сторон глиной. Нужно следить, чтобы глина не попадала в канал для металлического облива. На стык устанавливаются формы и плотно зажимаются струбцинами. Формы тщательно промазывают глиной. После установки форм ставят и обмазывают шлаковую коробку. В дальнейшем работа аналогична комбинированному способу сварки.

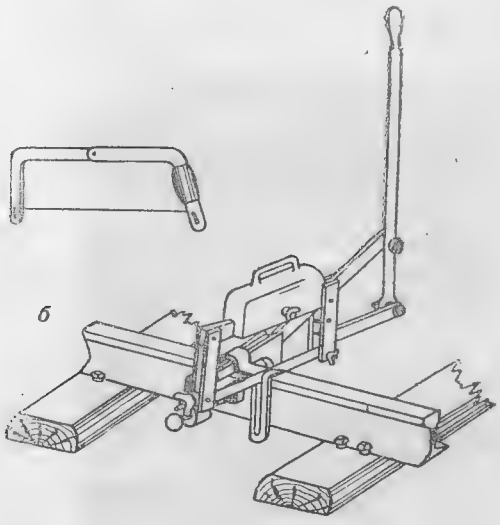
После того как рельсы сварены, приступают к сборке стыков и постановке тяг.

Уложенные рельсы рекомендуется соединять с существующими сваркой стыков или, если это присоединение временное, постановкой заранее сваренных переходных кусков.

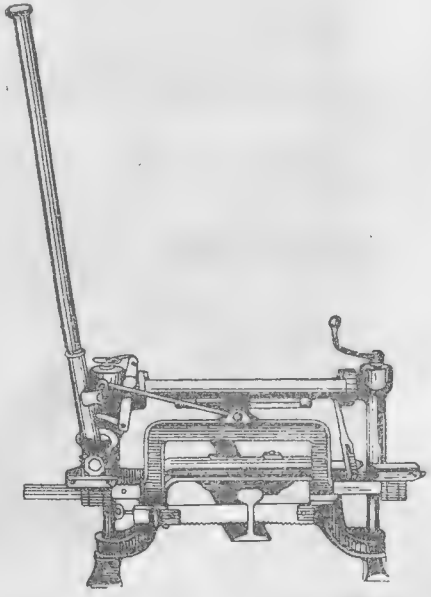
Переходные сварные куски рельсов имеют длину около 2 м и состоят из двух рельсов по 1 м, имеющих два разных профиля с учетом их износа. Укладывают их с целью облегчения подгонки накладок и улучшения качества сборного стыка, так как иначе пришлось бы для получения непрерывной рабочей поверхности рельса перегибать накладки.

§ 124. Резка рельсов и сверление отверстий в них

Укладываемые рельсы при присоединении их к существующим приходится обрезать и просверливать в них отверстия для стыков. Рекомендуется в этом случае обрезать старые рельсы. Необходимость в резке рельсов бывает и при разборке путей, при



Фиг. 192. Ручные пилы:
а—ножовка; *б*—качалка.

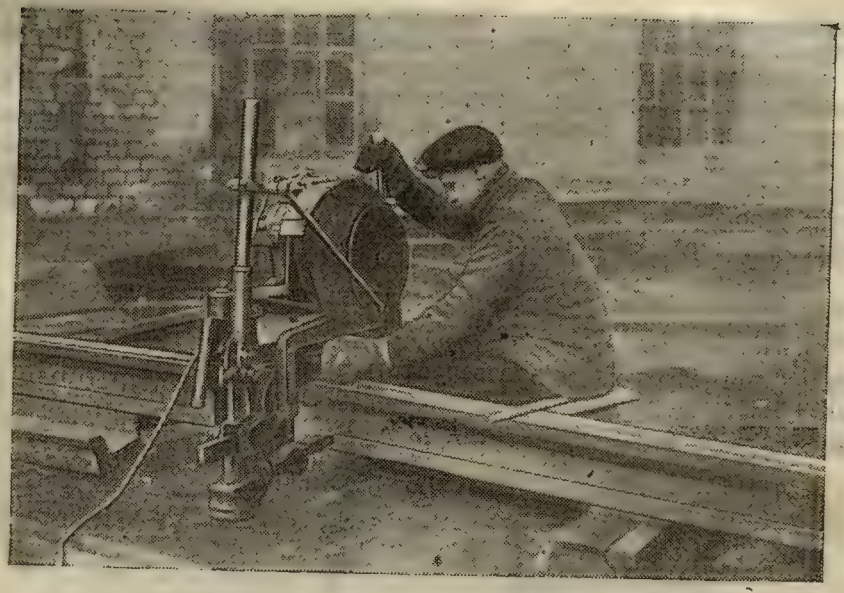


Фиг. 193. Ручная пила „Галлензия".

ремонте их и при соблюдении условия укладки сборных стыков на прямых участках — стык против стыка.

Рельсы режут ручными или механическими пилами. К ручным пилам относятся ножовка и качалка (фиг. 192) и пила «Галлензия» (фиг. 193). К механическим пилам относятся электрические разных систем.

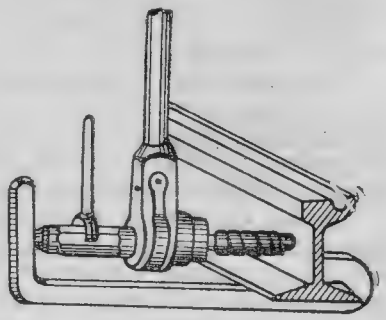
На фиг. 194 изображена резка рельсов электрической пилой «Галлензия». Электрические пилы очень удобны при капитальном ремонте, так как приводятся в движение электромоторами по-



Фиг. 194. Резка рельсов электрической пилой „Галлензия".

Фиг. 195. Кислородно-ацетиленовая резка рельсов.

стоянного тока, питаемыми от контактного провода. При новом строительстве рекомендуется пользоваться передвижными электрическими станциями, пневматическими инструментами или специальными рельсорезными станками с бензиновым мотором.



Фиг. 196. Ручная трещотка.

При резке рельсов необходимо следить за тем, чтобы отрез был сделан ровно; лучше иметь отрез с небольшим подкосом внутрь. Допускается зазор между подошвами рельсов в стыке до 4 мм. Для проверки применяется металлический угольник.

Кислородно-ацетиленовый способ может быть применен только при резке старых рельсов, так как отрез при этом получается неровный (фиг. 195).

Отверстия (дыры) в шейках рельсов сверлят для устройства сборных стыков, постановки тяг и постановки контррельсов в кри-

Фиг. 197. Сверление дыр для тяг электрической дрелью.

вых, а иногда и для анкеров в стыках. В последнем случае дыры сверлят в подошве.

Центры дыр перед сверлением нужно намечать точно по длине и по высоте рельса. Для этого применяют шаблоны из

листового железа. Через шаблоны ударом по керну ручным молотком получают углубление, в которое нужно ставить сверло.

Сверление дыр производится при помощи ручных трещоток (фиг. 196) или механических дрелей, большей частью электрических (фиг. 197) или пневматических. Сверла применяют спиральные или перовые.

Для укрепления сверлилок на рельсах применяют скобы с захватом подошвы рельса — подкладные (см. фиг. 196) и с захватом головки рельса — накидные. Ось сверла и всей сверлилки при сверлении должна быть перпендикулярна оси рельса, чтобы не поломать сверло и получить правильную дыру.

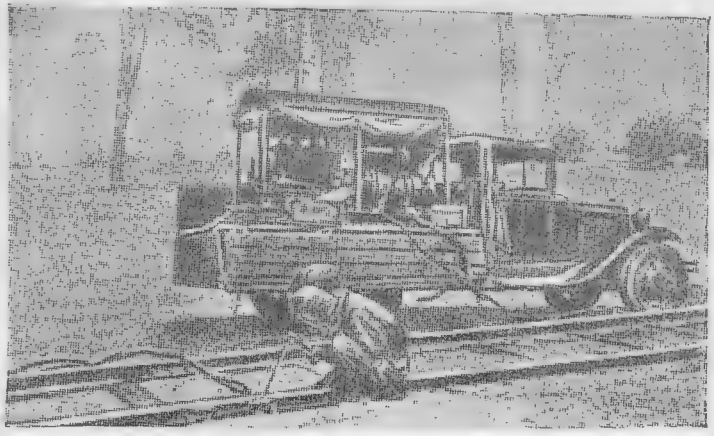
Кроме сверления, применяется иногда прожигание отверстий кислородно-ацетиленовой резкой. Однако, дыры, полученные этим способом, редко имеют правильное очертание и сильно ослабляют сечение рельса. Поэтому, несмотря на уменьшение затраты труда, способ прожигания дыр рекомендовать нельзя.

В последние годы хорошие результаты дало применение дырострела системы Остапенко. Дырострел работает на принципе использования пороховых газов, получаемых от взрыва винтовочного патрона, для перемещения в цилиндре штока-поршня, уравновешенного силой пружины и заканчивающегося пуансоном.

Дырострел системы Остапенко на восстановительных работах ГУВР МПС показал производительность, достигающую 6 дыр в минуту, и рекомендован Главтрамваем МКХ и ВНИТО ГЭТ для трамвайных предприятий.

§ 125. Приварка электрических соединений

Приварку электрических соединений нужно производить после отделки пути, перед устройством верхнего покрытия.



Фиг. 198. Электросварочный агрегат САК-2 на автомобиле.

Можно применять способ электросварки или газосварки; первый предпочтительнее.

Электросварку можно вести любым электросварочным агрегатом. Наибольшее распространение получил сварочный агрегат СМГ-2, работающий от электрического, бензинового или керосинового двигателей. Весьма компактен передвижной электросварочный агрегат типа САК-2, состоящий из смонтированного на металлической жесткой раме сварочного генератора постоянного тока, соединенного эластичной муфтой с керосиновым или бензиновым двигателем.

Агрегат весит 1050 кг, поэтому его можно установить на любой вид транспорта (фиг. 198).

Этот электрический агрегат используют для сварки и наплавки стыков, ремонта специальных частей и других работ.

Порядок приварки электросоединений следующий: головки рельсов в месте приварки на длину электросоединения очищают стальной щеткой от земли, пыли и ржавчины до металлического блеска. Электросоединение устраивают по шаблону на 10 мм ниже верхней поверхности головки, плотно прижимают к рельсу и прихватывают сваркой с одной стороны, после чего прижимают второй конец и тоже прихватывают. Сварку нужно начинать с конца планки по направлению к стыку. Концы планки и муфту привариваают вертикально, начиная снизу вверх.

§ 126. Устройство пути на кривых участках

Ширина колеи на кривых участках пути устраивается при радиусе до 75 м — 1532 мм и при радиусе 75 м и более — 1524 мм.

Допускается отклонение от принятой ширины колеи до +2 мм. Сужение колеи не допускается.

Разгонка уширения кривой должна быть начата на прямом участке, перед и после кривой, протяжением не меньше 12 м.

Термитная сварка стыков на кривых участках пути радиуса меньше 100 м не допускается.

Рекомендуется на кривых производить электрическую сварку стыков, но обязательно дуговую.

Требования, предъявляемые к сборным стыкам, такие же, как и при устройстве прямых участков.

Рельсовые нитки трамвайного пути на кривых участках, вне зависимости от типов рельсов, должны быть скреплены поперечными тягами.

Тяга должна быть расположена нормально оси пути. Тяги к рельсам прикрепляют четырьмя гайками с шайбами Гровера.

Диаметр дыры в шейке рельса для тяг должен быть не больше 28 мм. Ось дыры при рельсах типа Феникс должна находиться на высоте 85 мм, при рельсах типа Виньоль IIа — на высоте 60 мм и при рельсах типа Виньоль IIIа — на высоте 57 мм.

На кривых малого радиуса рельсы типа Феникс должны быть с повышенной губкой, а рельсы типа Виньоль с контррельсами.

Концы контррельсов должны заходить на прямой участок, при отсутствии переходной кривой, на длину не менее 4 м, а при наличии переходной кривой — не менее 2 м. Контррельс должен

быть установлен выше ходового рельса на 10—15 мм. Допускается отклонение против нормы на +2,—1 мм.

Ширина жолоба между рельсом и контррельсом должна быть 35—40 мм с допускаемым отклонением в сторону увеличения на 1 мм.

Контррельс сбалчивают с основным рельсом болтами диам. 25 мм, с обязательной постановкой фасонных вкладышей.

Контррельс нужно устанавливать на подкладке, размеры которой зависят от профилей ходового рельса и контррельса, ширины жолоба между ними и величины превышения головки контррельса над головкой ходового рельса.

На кривых участках пути радиуса менее 50 м необходимо применять переходные кривые.

Разгонку уширения колеи нужно делать в пределах переходной кривой за счет отодвигания внутренней нитки кривой.

Между двумя обратными кривыми должна быть прямая вставка величиной не менее 4 м.

Уширение междупутья в кривой производится согласно расчету и осуществляется на расстоянии половины разности между длиной кузова и базой вагона, т. е. не менее, чем за 4 м от начала и конца кривой.

Рельсы, бывшие в деле, на кривых малых радиусов (меньше 200) применять не рекомендуется.

Электрические соединения на кривых участках пути приваривают так же, как и на прямых.

§ 127. Предварительное изгибание рельсов для кривых

Изгибание рельсов на месте работ в момент укладки при капитальном ремонте пути производить не разрешается; это может задержать укладку и помешать нормальному движению трамваев. Рельсы изгибают заранее на специально оборудованной монтажной площадке или у места работ в стороне.

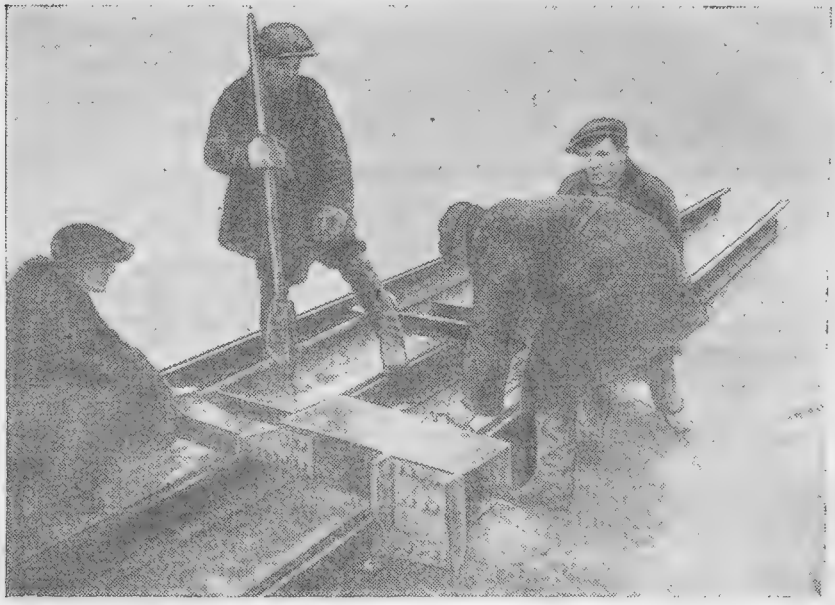
Если изгибание ведут на монтажной площадке, то все процессы работ должны быть механизированы. Монтажную площадку устраивают не только для предварительной сборки кривых, но и для предварительной сборки узлов.

Заготовка кривых на стороне или при новом строительстве непосредственно на пути может производиться и вручную прессом Пейкерт (фиг. 199), а рельсы типа Виньоль можно изгибать боковым прессом, хотя это не рекомендуется.

При изгибании необходимо следить, чтобы рельс не выкантовывался, так как при этом перекашивается подошва.

Кривую изгибают точно по заданному радиусу, что проверяется радиусомером. Момент проверки показан на фиг. 199. Так как рельсы обладают упругостью, то после освобождения концов балок они расправляются. Поэтому, если, например, нужно получить кривую радиуса 20 м, то винт пресса надо стянуть так, чтобы он показал радиус 14—15 м.

После того, как кривая согнута нужно проверить изгибание по хорде и стреле прогиба, так как инструменты, показывающие



Фиг. 199. Изгибание рельсов прессом Пейкерт.

радиусы кривых (радиусомеры или прогибомеры) не вполне совершенны и могут давать отклонения.

Таблица 35

Величина стрелы прогиба для радиусов кривой от 20 до 50 м при хорде, равной 6 м

R м	f мм	R м	f мм
20	226	36	126
21	215	37	122
22	205	38	119
23	196	39	116
24	188	40	113
25	181		
26	174	41	109
27	167	42	107
28	161	43	105
39	155	44	102
30	151	45	100
31	145	46	98
32	141	47	96
33	136	48	94
34	133	49	92
35	129	50	90

В зависимости от величины хорды a и стрелы прогиба f радиус кривой

$$R = \frac{a^2}{8f}.$$

Если по этой формуле подсчитать значения стрелы прогиба для разных радиусов кривой при определенной длине хорды, то можно составить таблицы, которыми удобно пользоваться на практике для проверки радиусов кривых (табл. 35).

§ 128. Устройство пути в узлах

Устройство прямых и кривых участков в пути на узлах производится так же, как указывалось выше.

Укладка специальных частей (стрелок и крестовин, пересечений) производится в соответствии с рабочими и разбивочными чертежами отдельных стрелочных переводов и стрелочных переводов с пересечениями.

Каждый стрелочный перевод предварительно должен быть смонтирован на монтажной площадке и вывезен на место после детальной проверки по монтажным чертежам.

В случае отсутствия на данном трамвайном предприятии монтажной площадки, при укладке стрелочных переводов и пересечений на новых путях разрешается сборку их производить на месте. При укладке же в эксплоатируемых путях, стрелочные переводы должны быть предварительно собраны на стороне с пригонкой комплектных кусков, постановкой тяг, сборкой стыков.

В основу сборки стрелочных переводов кладется точное соблюдение расчетных расстояний между началом стрелки и математическими центрами крестовин.

Не допускается смешивать в одном ромбе крестовины литые и сборные.

При перевозке специальных частей необходимо следить за тем, чтобы, во избежание повреждения, погрузка и выгрузка производились аккуратно.

После доставки специальных частей на место укладки необходимо убедиться в том, что стрелки, крестовины, коробки вывезены полностью и что все они соответствуют именно тем, которые должны быть уложены.

До сборки нужно проверить непосредственно измерением длины стрелок и крестовин ввиду возможного отклонения этих величин от нормальных размеров, показанных на чертежах эпюры и конструкции.

Одновременно с промерами определяют пересечение рабочих кантов обеих ниток крестовины или ее математический центр при помощи двух натянутых шнуров. Положение центра отмечается на крестовине.

Укладка одиночного стрелочного перевода

Одиночный стрелочный перевод составляется из одной пары стрелок (внутренний и наружный корпусы), одной стрелочной кре-

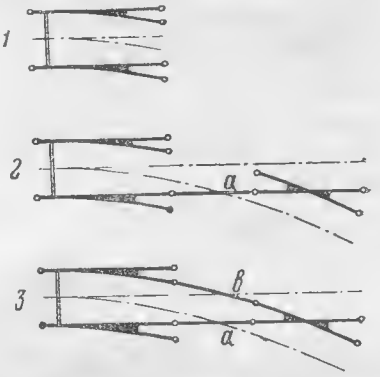
стовины и двух комплектных соединительных рельсов. Одиночная крестовина может иметь: 1) обе нитки прямые — крестовина прямая; 2) одну прямую, а другую, очерченную по кривой, — крестовина односторонней кривизны; 3) обе нитки, очерченные по кривой, — крестовина двойной кривизны.

После проверки стрелок и крестовин отрезают прямой комплектный рельс *а* (фиг. 200), соединяющий внутренний корпус стрелки с крестовиной. Длина этого рельса должна быть взята с чертежа эпюры с соответствующей поправкой, если при промере длины стрелок и крестовин оказались отклонения от чертежа эпюры (в пределах допусков).

Применение автогена для резки рельсов, а также прожигание дыр вместо их сверления не рекомендуются.

Рельсы режут механической или ручной пилой; дыры сверлят ручной трещоткой или механической дрелью.

Если предварительная сборка производится не на монтажной площадке, а вблизи места укладки перевода, то для сборки выбирают достаточно ровную поверхность, на которой раскладывают шпалы и брусья, и на них собирают части, соединяющие перевод. Выравнивание в горизонтальной плоскости производится при помощи клиньев. В первую очередь укладывают строго по шаблону колеи и угольнику внутренний и наружный корпусы стрелки, которые временно связывают двумя тягами. После этого по прямому направлению внутреннего корпуса стрелки укладывают прямой комплектный рельс *а* и крестовину, которые тут же соединяют накладками на двух болтах.



Фиг. 200. Схема сборки стрелочного перевода.

Направление прямой нитки перевода от начала стрелки до хвоста крестовины тщательно выверяют и направляют. Затем на собираемом переводе точно измеряют расстояние между наружным корпусом стрелки и крестовиной и по измеренному в натуре расстоянию отрезают кривой комплектный рельс *в*, который должен быть изогнут до резки по радиусу эпюры.

Отрезанный комплектный рельс *в* ставят на свое место и соединяют с корпусом стрелки и крестовиной накладки. Вся дальнейшая сборка и пригонка остальных частей перевода производится уже на месте укладки.

В случае сборки перевода на монтажной площадке, там производится сборка и пригонка всех частей, составляющих перевод (комплектных рельсов, тяг, коробок).

Укладка стрелочного перевода на место, как общее правило, производится по разбивке, которая делается заранее, до рытья

котлована. Разбивкой отмечают три точки на осях путей: начало стрелочного перевода и концы перевода по прямому и ответвленному направлениям. Точки разбивки фиксируются в натуре деревянными кольями, в торцы которых вбиваются гвозди для более точного обозначения разбивки. Разбивка должна быть произведена теодолитом.

В случае укладки перевода в существующие пути, помимо забивки кольев на рельсах размечают зубилом места резок, которые нужно произвести в существующих путях для укладки перевода. Разметка делается по размерам, взятым непосредственно с собранного перевода.

После того, как шпалы или брусья разложены, на них переносят собранный перевод, который крепят со шпалами и брусьями обычно при помощи шурупов. Стрелку и крестовину укладывают без подкладок, а комплектные рельсы перевода — на плоских подкладках. Оба пути перевода, прямой и ответвленный, от начала рамных рельсов до конца крестовины укладывают без подуклонки.

Необходимо избегать расположения по угольнику стыков и хвостов крестовины и стыков против центра крестовины, для чего рельс против крестовины нужно выпускать за крестовину.

Рамные рельсы стрелки желательно связывать с рельсами нормальной длины звена.

Обе нитки каждого пути перевода связываются тягами нормальной длины. Тягами соединяются поочередно нитки прямого пути и нитки ответвленного пути таким образом, чтобы каждая тяга связывала только одну какую-нибудь колею. Расстояние между тягами делают 1,5 м.

Одновременно с этим производится монтаж стрелочной коробки и переводного механизма.

Укладка двухколейного ответвления

Двухколейное ответвление составляют из одиночного перевода и из одиночного перевода с пересечением встречного параллельного пути — всего две пары стрелок и шесть крестовин.

Для предварительной сборки двухколейного ответвления необходимо иметь, помимо чертежей эпюр переводов, еще чертеж разбивки двухколейного ответвления в целом. Из этого чертежа для сборки должен быть взят размер забега *а* наружной стрелки по отношению к внутренней.

При сборке отдельных частей, составляющих ответвление (фиг. 201), нужно придерживаться следующей очередности:

1. Собирают по шаблону колен внутреннюю пару стрелок, временно связывая их двумя тягами.

2. Собирают прямую нитку, которую составляют: внутренний корпус стрелки, комплектный рельс *а*, крестовина *I*, комплектный рельс *в* и крестовины *II* и *III*. Если ромб пересечения не разрезан, то к собираемой нитке присоединяют все пересечение целиком, помимо крестовин *II* и *III* еще крестовины *IV* и *V*. Длины комплектных рельсов *а* и *в* должны быть взяты с чертежа с поправ-

ками, если в конструктивных длинах стрелок и крестовин при промере оказались отклонения (в пределах допусков) от чертежей эпюр. Данная прямая нитка служит основой для всей последующей сборки ответвления, а поэтому она должна быть особенно тщательно выправлена при помощи натянутого шнура или даже поставленного в ее створе теодолита.

3. При разрезанном ромбе к крестовинам *II* и *III* присоединяют крестовины *IV* и *V*. Пересечение (ромб) собирают по размерам диагоналей и по шаблону колеи.

Далее, по размеру ширины междупутья при помощи натянутого шнура отбивают вторую прямую нитку ответвления и по ней укладывают, в первую очередь, крестовину *VI*, которую связывают с крестовиной *V* пересечения.

Затем по чертежу эпюры (с поправкой) отрезают прямой комплектный рельс *c*, который укладывают по натянутому шнуру и соединяют с крестовиной *VI*.

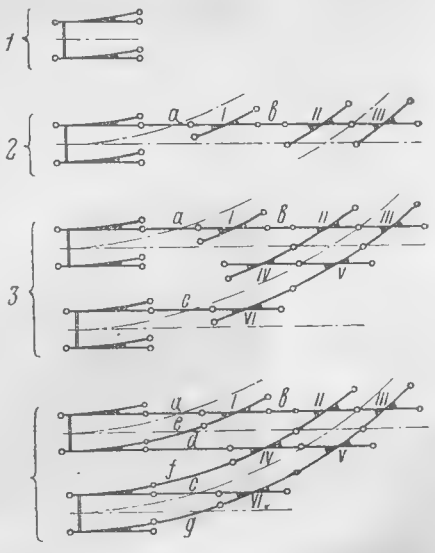
По тому же шнуру укладывают внутренний корпус наружной стрелки и связывают с рельсом *c*. Наружный корпус укладывают по шаблону.

4. Ставят комплектный рельс *d*, длина которого должна быть взята промером непосредственно на собираемом ответвлении.

Так же промером по натуре определяют длину комплектного кривого рельса, который отрезают от выгнутого заранее по радиусу эпюры рельса и ставят на свое место.

В последнюю очередь ставят комплектные кривые рельсы *f* и *g*, нарезанные по промерам, взятым непосредственно на собираемом ответвлении.

Сверление всех дыр и пригонку тяг, коробок и прочих разъемных частей нужно выполнить во время предварительной сборки. Все отдельные части — комплектные рельсы, тяги — перед их сборкой для укладки на место должны быть маркированы.



Фиг. 201. Схема сборки двухколейного ответвления.

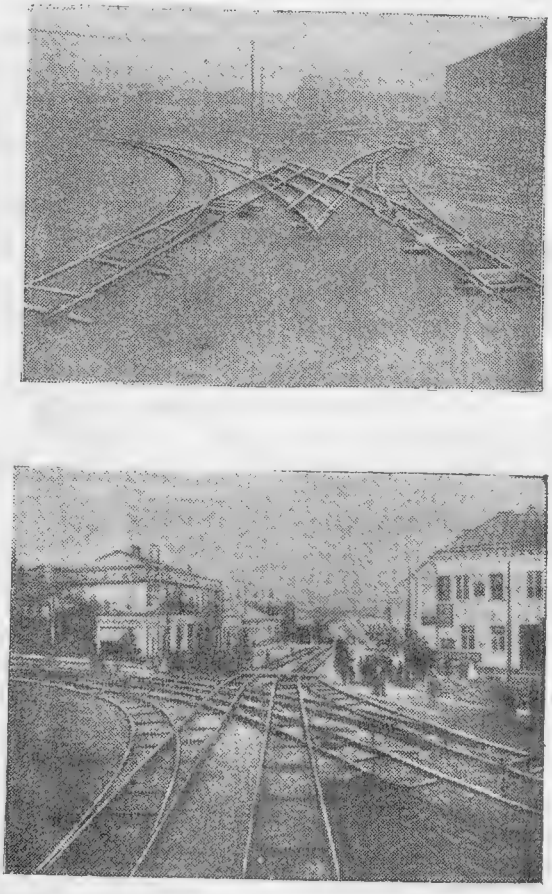
Для укладки на место производят предварительную разбивку двухколейного ответвления способом, указанным выше для одиночного стрелочного перевода.

Разбивкой отмечают на осях путей начало стрелок и хвосты всех крестовин. При укладке двухколейного ответвления в существующие пути на рельсах последних отмечают зубилом места резки.

На разложенные шпалы и брусья переносят в разобранном виде части двухколейного ответвления, собирают его и крепят со шпалами и брусьями при помощи шурупов.

В остальном правила и способы монтажа и крепления те же, что и для одиночного стрелочного перевода.

Предварительно собранный стрелочный перевод или двухколейное ответвление, если сборка их производилась на монтажной площадке, перевозят к месту работ обычно на электропоездах,



Фиг. 202. Сложный узел:
а—собранный на площадке; *б*—уложенный на линии.

оборудованных кранами для погрузки и выгрузки. Для перевозки стрелочные переводы разбирают, маркируют и собирают вновь на месте работ.

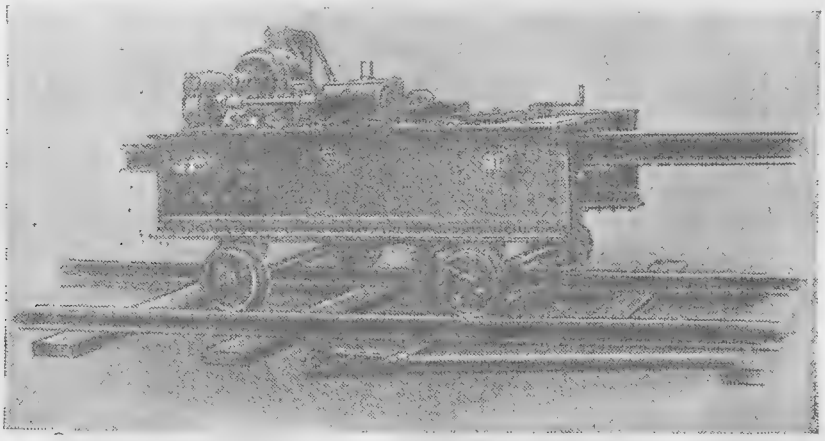
Если предварительная сборка переводов производится на стороне, то иногда их перед укладкой не разбирают, а перемещают целиком на подготовленное основание при помощи трактора

с подкладыванием под переводы катков или вручную ломами также с применением катков. При перемещении необходимо следить за тем, чтобы не нарушать колеи собранного перевода, и за тщательной установкой его на месте по шаблону и угольнику.

Сборка переводов на монтажной площадке во всех случаях целесообразна, так как дает возможность получить лучшее качество сборки и подгонки отдельных частей (фиг. 202).

Монтажную площадку оборудуют не только для сборки узлов, но и для монтажа кривых, поэтому большинство работ на ней механизировано.

Для переноски рельсов и специальных частей применяют краны. Изгибание кривых производят специальными машинами-прессами, приводящимися в действие электромоторами (фиг. 203). Рельс прокатывают в прессе между тремя валиками и изгибают с большой точностью по кривой любого радиуса. Производительность такой машины около 1 м в минуту. Машина передвижная и может быть перевезена по рельсовой колее к месту работ.



Фиг. 203. Пресс для изгибания рельсов.

Кроме того, монтажная площадка оборудуется необходимыми станками, кузницей, а также различными электрифицированными инструментами.

Сборка на площадке обычно производится на сплошном деревянном настиле. Величину площадки назначают из расчета сборки сложных больших узлов, а для увеличения пропускной способности должна быть предусмотрена возможность одновременной сборки даже нескольких переводов или кривых. Наименьший размер площадки принимают около 500 м².

§ 129. Организация и производство работ при отделке пути

К отделке пути относятся следующие работы: подъемка пути

и подштопка — подшастывание балласта, подбивка пути, рихтовка и окончательная выверка пути.

Подъемка пути

После окончания сборки верхнего строения производится подъемка пути на заданную высоту.

Подъемка пути производится при помощи механического или ручного домкрата или вагой.

Вначале поднимают точки пути против данных отметок высоты (нивелировочных кольев). Путь поднимают на 1—2 см выше заданной отметки при всех типах основания, кроме бетонного, при котором производят подъем точно в уровень с отметкой. Для проверки правильности подъема применяют обычную рейку с уровнем.

Нивелировочными кольями дают отметку наружного рельса, а высоту внутреннего рельса устанавливают согласно проекту и нормам.

Фиг. 204. Подъемка пути вагой.

Поднятые точки упрепляют подштопкой — подшастыванием балласта под концы шпал — при шпальных основаниях, кроме бетонных, или под рельс — при бесшпальных основаниях. После этого домкрат перемещают к следующей точке.

При значительной по протяженности работе следом за первой бригадой, поднимающей путь против отметок, идет вторая, которая поднимает путь между поднятыми отдельными точками и после каждой постановки домкрата подштопывают балластом концы шпал или рельсы.

Подъемка пути при наличии продольного уклона производится в сторону повышения отметок.

На фиг. 204 показана подъемка пути вагой, а на фиг. 205 — подъемка рычажным домкратом и подштопка пути. На заднем плане (фиг. 205) видны рабочие, которые на вагонетке подвозят недостающий щебеночный балласт.

Кроме рычажного, применяют иногда винтовой домкрат. В последнее время из ручных домкратов лучшим считается винтовой.

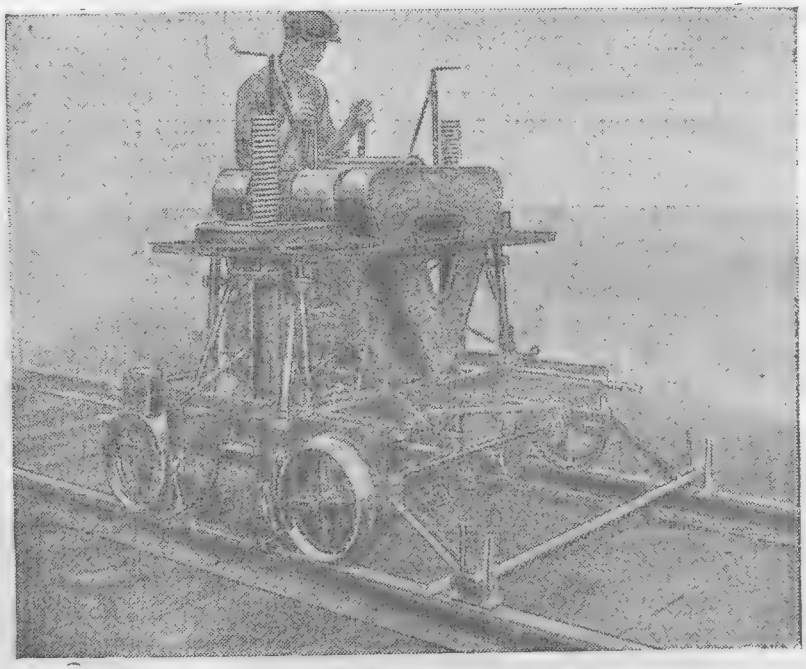
При большом строительстве и капитальном ремонте целесообразно применение механического домкрата (фиг. 206), который дает экономию в рабочей силе по сравнению с ручным домкратом в 2—3 раза, а по сравнению с вагой — в 4—5 раз. Механический домкрат работает по принципу двух винтовых домкратов, соединенных с клещами, автоматически захватывающими головку рель-

Фиг. 205. Подъемка пути рычажным домкратом и подштопка.

сов. Нижняя часть винтов надавливает на башмак, опирающийся на грунт.

Подъемка пути начинается работой домкрата, закрепляемого на головках рельсов захватами и поднимающего участок пути опусканием башмака, упирающегося в грунт между шпалами,

или на подложенный отрезок шпалы или доски. Когда путь поднят на заданную отметку (с некоторым запасом на осадку), домкрат стоит с выключенным мотором в ожидании закрепления поднятого участка засыпкой и подштопкой балласта. После этого башмак поднимают, захваты освобождают головки рельсов, и домкрат передвигают по рельсам вручную на 5—7 м и повторяют эти операции. Моторист может производить подъемку или обеих рельсовых ниток равномерно, или поднимать одну больше, другую



Фиг. 206. Моторно-путевой домкрат системы Нордберг.

меньше, регулируя включение и выключение одного из винтов домкрата.

Моторно-путевым домкратом пользуются не только для подъемки пути, но и для его разборки. В этом случае для захватов разбираются у рельсов по 1—2 камня через 12—15 м и домкрат поднимает путь вместе со шпалами и мостовой. Этим облегчается разборка пути. Кроме того, домкратом можно производить расшивку пути, применяя поперечные подкладки к башмаку, и грубую рихтовку пути, поднимая одну сторону значительно больше другой.

Подштопка пути производится при песчаном балласте деревянными штопками, при щебеночном — металлическими. Окончательно поднятый путь подштопывается балластом на всей длине шпалы, причем балласт засовывается под шпалу одновременно

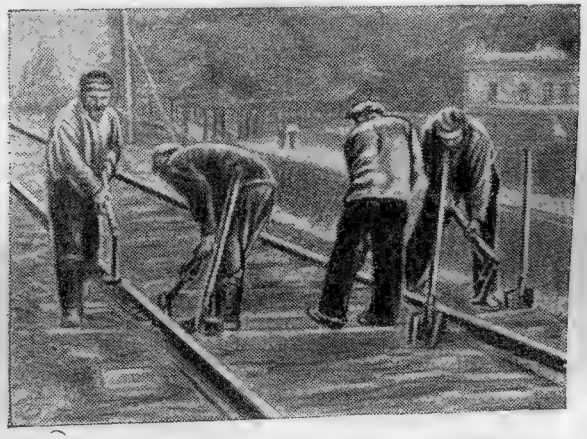
с обеих сторон (см. фиг. 205) до тех пор, пока он заполнит все пустоты под шпалой.

Подбивка пути

Подбивка пути бывает предварительная и окончательная.

Подбивка пути заключается в уплотнении балласта под шпалами, а при бесшпальных основаниях — под рельсами.

Предварительная подбивка пути производится вслед за подштопкой. Подбивку ведут пневматическими подбойками (или специальной подбивочной машиной), а при отсутствии их — вручную.



Фиг. 207. Подбивка пути вручную.

Шпалы подбивают одновременно с двух сторон, причем наиболее плотно должны быть подбиты концы их, а также места, находящиеся под рельсом.

После первой подбивки путь отрихтовывают, проверяют еще раз правильность его положения в вертикальной плоскости. Для этого просевшие места выверяют и подправляют еще раз подъемкой и производят окончательную подбивку пути.

Состав рабочих при подбивке определяется в зависимости от применяемых инструментов.

Подбивку пути вручную иногда ведут следующим образом. Бригаду рабочих в 9 человек делят на две части по 4 чел., а один рабочий подбрасывает недостающий балласт. В этом случае сначала 4 рабочих подбивают ударами подбоек шпалу с одной стороны и следом за ними другие четверо с другой стороны, ослабляя тем самым подбитую сторону шпал. Такой способ работ не может дать хороших результатов.

Правильный способ ручной подбивки (фиг. 207) заключается в следующем. Каждая группа по 4 чел. распределяется так, что сначала двое рабочих подбивают шпалу посередине с одной

424

стороны, а двое ту же шпалу по концам с другой стороны, а вторая группа — наоборот.

Наиболее же совершенный способ — это подбивка пневматическими или электрическими подбойками (фиг. 208). В этом случае каждую шпалу подбивают одновременно с двух сторон; этим достигается лучшее уплотнение балласта. Кроме того, при ручной подбивке уплотнение балласта происходит в результате редких ударов подбойки. При пневматической подбивке получаются

Фиг. 208. Подбивка пути пневматическими подбойками.

частые удары подбоек о щебень, создающие, благодаря вибрации его, значительно лучшее уплотнение.

Пневматические подбойки работают от компрессора. В настоящее время имеются различные передвижные компрессоры, применяемые для путевых работ (на 2, 6, 8 шлангов). Наибольшее распространение получил компрессор ВВК-200 Калужского завода, а также небольшой компрессор «Аремз». Имеются разные системы и заграничных компрессоров.

Компрессор ВВК-200 Калужского завода «Красный Путь» имеет:

двигатель ЗИС-5 — мощностью 73 л. с.,
давление сжатого воздуха — 6—7 ати,
производительность — 4 м³/мин.

Для подбивки пути применяют пневматическую шпалоподбойку. Наиболее употребительная — типа ЗК, весом 20 кг, дающая 1000—1600 ударов в минуту. Расход воздуха около 0,5 м³/мин., что дает возможность при одном компрессоре одновременно использовать до 8 шпалоподбоек. Воздух к шпало-

подбойке подводится по шлангу диам. 12,5—16 мм. Длина шлангов — до 18 м. Производительность компрессора от 120 до 270 пог. м пути в зависимости от того, расположен ли путь на особом полотне или в проезде, а также от характера балласта.

Компрессор при путевых работах получил широкое применение и имеется большое разнообразие пневматических инструментов для различных работ.

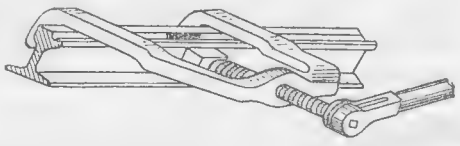
Компрессором с соответствующими пневматическими инструментами можно выполнять следующие работы:

1) подбивку пути	— шпалоподбойкой
2) разломку бетона, рыхление грунта мостовой	— ломом, лопатой
3) выдергивание костылей	— костыледером
4) забивку костылей	— молотком
5) сверление дыр в рельсах и шпалах	— дрелью для металла и дерева
6) завертывание и отвертывание гаек	— гаечным ключом
7) резку рельсов	— пилой
8) обрубку металла	— зубилом
9) трамбование балласта, грунта, мостовой	— трамбовкой

Рихтовка и выверка пути

Рихтовку пути производят два раза: после предварительной разбивки пути и после обкатки и окончательной подбивки пути. Рихтовка заключается в придании пути правильного положения и направления, согласно разбивки.

Рихтовку ведут при помощи ломов или специальных приспособлений.



Фиг. 209. Боковой пресс.

При рихтовке ломами рабочие располагаются поровну на каждой рельсовой нитке и, упирая ломы между шпалами, по команде мастера подают путь в ту или другую сторону, устанавливая его в правильное положение.

Однако, рихтовкой не всегда удается придать пути правильное направление, так как или рельсы имеют искривления, не выправляющиеся рихтовкой, или стыки имеют углы. В этом случае для исправления местных изгибов применяют боковой пресс (фиг. 209) с трещоткой. Нажимом пресса исправляют местные искривления рельсов и углы стыков.

После окончательной рихтовки производят окончательную выверку пути по контрольному шаблону: проверяют колею и исправляют ее подтягиванием тяг или перешивкой костылей; ослабшие костыли подбивают. Проверяют тщательность сбалчивания стыков и электрических соединений. После этого путь сдают для устройства верхнего покрытия.

§ 130. Организация и производство работ при устройстве верхнего покрытия

Верхнее покрытие можно устраивать только после обкатки трамвайных путей в течение не менее 1 суток. В это время могут выявиться отдельные неравномерно подбитые шпалы или другие недостатки пути, которые должны быть устранены до начала постройки мостовой.

Булыжные мостовые

Основанием под булыжное замощение в путях трамвая служит слой песка от верхней постели шпалы. Песок должен удовлетворять требованиям нормального балласта.

Применять вынутый из котлована грунт можно лишь в том случае, если он полностью удовлетворяет нормальным требованиям, предъявляемым к балластному песку.

Засыпанный для основания под мостовую песок утрамбовывают деревянными трамбовками. В сухую погоду песок смачивают водой. При засыпке песка под мостовую и уплотнении его нужно также подштопать его под рельсы между шпалами, чтобы там не было пустот.

До начала работы камень рассортировывают с тем, чтобы укладываемые рядом камни не отличались по высоте больше, чем на 2 см.

Более крупные камни укладывают к рельсам, мелкие — по середине полотна. Замощение производят от рельса к оси пути и междупутья.

Камни сажают в песчаное основание с молотка, весом 2,5—3 кг, тычком, строго вертикально — без навала, суженным концом вниз «насухо» — без подкидки песка между камнями, плотно друг к другу и с соблюдением перевязки швов. Подбор и плотность посадки камней должны быть таковы, чтобы отдельные камни не могли быть вынуты рукой, не качались и не оседали под давлением ноги.

При замощении полотна путей, уложенных из рельсов типа Виньоль, бордюрные камни с внутренней стороны колеи опускают ниже головки рельса на 25—30 мм для образования жолоба.

Шейки рельсов закладывают фасонными деревянными брусками, плотно пригнанными к рельсу.

После замощения по мостовой рассыпают щебень размером от 12 до 25 мм и разметают его метлами до полного заполнения пустот между камнями, после чего производят трамбование мостовой механическими или ручными трамбовками весом 25—30 кг.

Трамбование нужно вести от рельса к середине пути или междупутья. При первом трамбовании осадка камней мостовой должна быть от 3 до 4 см.

При осадке отдельных камней на бо́льшую или меньшую, по сравнению с окружающими камнями, высоту, их необходимо вынуть и изменить высоту подсыпки так, чтобы после нормального

трамбования эти камни сели в уровень с окружающими. После исправления отдельных камней производят вторичную засыпку мостовой мелким щебнем размером до 12 мм и вторичное трамбование мостовой; при этом осадка мостовой должна быть от 1 до 2 см.

Камни, расколовшиеся при трамбовании, должны быть заменены целыми.

Трамбование в дождливую погоду, при насыщении песчаного основания водой, не разрешается.

Поверхность мостовой может возвышаться над головкой рельса не больше, чем на 1,5 см.

После окончания трамбования мостовую засыпают слоем, 1—1,5 см, щебеночных высевок или крупнозернистого песка, которые разметают для полного заполнения швов мостовой.

Брусчатые мостовые

Подготовку основания под брусчатые мостовые ведут так же, как и под булыжные. Так же производят закладку фасонных брусьев.

Перед началом мощения брусчатку рассортировывают по высоте и ширине так, чтобы разница по ширине отдельных рядов была не более 0,5 см, а по высоте не более 1 см.

Брусчатую мостовую укладывают правильными рядами.

В пути и междупутьи брусчатку кладут рядами, нормальными оси пути. Правильность укладки проверяют по угольнику.

Со стороны проезжей части первые 3—4 ряда укладывают вдоль рельсов.

При укладке брусчатки нужно строго соблюдать перевязку швов на $^1/_3$—$^1/_2$ длины брусчатого камня.

Продольные швы делают не шире 1 см, а в поперечном направлении брусчатку укладывают впритык.

После укладки брусчатки мостовую посыпают крупным чистым песком и обильно поливают водой из леек для заполнения швов песком, после чего трамбуют механическими или ручными трамбовками.

Такое трамбование с засыпкой и проливкой швов песком должно быть повторено 2—3 раза.

При первом трамбовании камни осаживают на 1,5—2 см, при вторичном — на 0,5—1 см.

Потрескавшиеся или расколовшиеся при трамбовании камни должны быть заменены новыми.

Возвышение готовой мостовой над головками рельса не должна быть больше 1,5 см.

Для большей прочности и монолитности брусчатой мостовой иногда производят заполнение швов битумными материалами. В этом случае песок из швов удаляют на глубину 6—8 см. Швы промывают водой, а затем заливают битумом в горячем состоянии.

Заливку швов можно производить только в сухую погоду.

§ 131. Устройство водоотводных сооружений

Устройство дренажей

Назначение путевых дренажей — отвод грунтовых и поверхностных вод, проникших в основание трамвайных путей, а также общее понижение уровня грунтовых вод.

Дренажи необходимо устраивать в полном соответствии проекту.

После рытья дно дренажной канавы тщательно планируют по разбивке в соответствии с проектом, производят его трамбование.

На спланированное и уплотненное дно канавы укладывают предварительно заготовленные доски с пришитыми к ним продольными брусьями.

Доски устанавливают по нивелиру в соответствии с принятым уклоном дренажа.

Промежутки между досками и откосами канавы заполняют мятой глиной, чтобы вода не подмывала доски, а направлялась в трубы дренажа.

Между пришитыми к доске брусьями укладывают впритык дренажные трубы, стыки которых перекрывают сверху полосой войлока шириной в 10 см, прибиваемого к брусьям гвоздями.

Отступление в сторону уменьшения диаметра труб против проектных не допускается.

В трубы, для возможности прочистки одновременно с укладкой, закладывают оцинкованную проволоку диам. 2—3 мм. Длина ее должна быть такая, чтобы концы выходили в смотровые колодцы и могли быть укреплены на скобе в стенке колодцев.

Одновременно с укладкой труб производят установку дренажных смотровых колодцев из кирпича или из бетонных колец диам. 0,7 м.

Основанием колодца должна служить бетонная подушка толщиной 12—15 см, уложенная на уплотненный грунт.

После укладки труб производят засыпку дренажной канавы щебнем размером 72—75 мм; вначале засыпку нужно производить из совков или ведер и только после того, как над трубами будет слой щебня около 15 см, можно засыпку производить обычным способом — наброской.

Щебень после засыпки не трамбуют.

Дренажную канаву, засыпанную щебнем, сверху накрывают полосой войлока или толя для предохранения щебня от засорения.

Воду из дренажных смотровых колодцев выпускают в городскую водосточную сеть или в пониженные точки местности, устраивая нормальные водостоки.

Устройство путевых водостоков

Путевые водосточные колодцы или коробки устраивают в пониженных точках местности и на затяжных пологих уклонах. При наличии дренажа водосточные колодцы служат одновременно и дренажными смотровыми колодцами.

Верхнюю секцию путевого водосточного колодца снабжают отверстиями диам. 30—40 мм, для просачивания воды из основания трамвайных путей.

При устройстве путевого водосточного колодца на путях трамвая, уложенных из рельсов типа Феникс, в желобах рельсов должны быть сделаны отверстия размером 20 × 120 мм.

Из путевого водосточного колодца воду отводят в городскую водосточную сеть или в пониженные точки местности устройством нормальных водостоков.

Устройство водоотвода от стрелок

При устройстве узлов воду от стрелочных коробок и от коробок для приводов отводят в городскую водосточную сеть или в пониженные точки местности.

Для отвода воды от стрелочных и других коробок укладывают под путем чугунные отводы и трубы, диам. 0,15 м, до смотрового колодца, устанавливаемого вблизи пути, от которого гончарными трубами вода отводится в городской водосток или в пониженные точки местности.

В чугунные трубы стрелочной коробки до смотрового колодца закладывают оцинкованную проволоку диам. 2—3 мм для прочистки.

Водоотвод устраивают одновременно с укладкой стрелок, до их отделки.

§ 132. Скоростные способы работ

Производство работ при строительстве и капитальном ремонте трамвайных путей значительно отстало от способов работ на промышленном и гражданском строительстве и на железных дорогах.

Большинство путевых работ на трамвае производится старыми способами, вручную, беспланово и достаточно бессистемно. Разработанных технологических процессов нет даже на основные работы; инструменты применяются давно устаревшие; квалифицированные рабочие не всегда используются по назначению.

Все это вызывает необходимость значительной перестройки способов путевых работ.

Скоростной способ работ при строительстве и капитальном ремонте трамвайных путей заключается в рационализации технологических процессов работ при максимальной их механизации, в составлении графиков выполнения отдельных работ, внедрении конвейерной системы, в правильном разделении труда на производстве, в освобождении квалифицированных рабочих от второстепенных и подготовительных подсобных работ, в лучшей организации рабочего места, в организации круглосуточной работы при условии наименьшего нарушения интересов населения и условий благоустройства города. Должно быть также предусмотрено возможно большее использование механизмов и транспорта и экономия материалов.

Таким образом, если правильно организовать работу с учетом приведенных выше требований, то она будет выполнена технически грамотно, культурно и в возможно короткий срок.

Но эти условия требуют наибольшей механизации путевых работ, разработки технологических процессов отдельных работ и подготовки соответствующих кадров.

Технологические процессы должны быть построены на условии механизации работ, с разбивкой их на отдельные элементы и операции, с подбором таких способов работ, которые позволяют выполнить каждую операцию с наименьшей затратой труда и в кратчайший срок. Кроме того, последовательность операций должна исключать возможность повторного выполнения или переделки уже выполненных работ при соблюдении высокого качества и их безопасности.

Для организации какой-либо работы скоростным способом по разработанному типовому технологическому процессу нужно до начала работ определить потребность в рабочей силе, материалах, транспорте, машинах, а затем составить: 1) календарный план работ на объекте по отдельным операциям, 2) графики работы транспорта на каждый день по видам транспорта и роду перевозимого материала, 3) графики работы машин на каждый день по их типам и по видам выполняемой ими работы, 4) графики распределения рабочих на каждой операции по отдельным элементам, отдельно на каждую смену, 5) график движения рабочей силы на объекте по сменам и видам работ, 6) график поступления материалов на объект.

Путевые работы производятся на открытом воздухе, поэтому их плановость зависит от атмосферных явлений. Это должно быть предусмотрено заранее, для чего должен быть составлен план ликвидации последствий вынужденного простоя и обратного вхождения работы в график.

§ 133. Ручные путевые инструменты, применяемые при строительстве и ремонте пути

Применение удобных и исправных инструментов — это одно из основных условий хорошей организации путевых работ. Хорошие инструменты дают возможность значительно повысить производительность труда рабочего и улучшить качество работ.

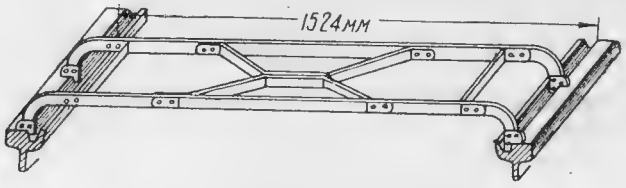
Измерительные инструменты и приборы

Основным инструментом для замера длины на путевых работах служит рулетка. Рулетки изготовляют длиной 20, 10, 5, 2 и 1 м. Полотно стальной рулетки разбито на метры, сантиметры и миллиметры; полотняная рулетка обычно разбита только на метры и сантиметры.

При измерениях с точностью до миллиметра, например, при измерении ширины колеи, куска рельса, длины стрелки, нужно пользоваться только стальной рулеткой.

Для измерения больших площадей, обмера мостовой, ширины котлована, когда ошибка в несколько миллиметров не играет существенной роли, употребляют полотняную рулетку, дающую точность до 1 см.

Для проверки состояния рельсовой колеи — ее ширины, и положения рельсов по отношению одного к другому, применяют путевой шаблон. Существуют два типа шаблонов: постоянный — глухой и контрольный — раздвижной. Постоянный шаблон (фиг. 210) применяют для установления правильности нормальной ширины колеи в 1524 мм при постройке новых линий, при капитальных

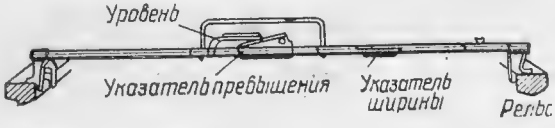


Фиг. 210. Постоянный глухой шаблон.

работах, при смене рельсов на прямых участках, перешивке пути. Кроме показанного на фиг. 210 четырехрожкового шаблона, применяются глухие шаблоны трех- и двухрожковые.

Второй тип шаблона, называемый контрольным раздвижным шаблоном (фиг. 211), служит для измерения фактической ширины колеи. Контрольный раздвижной шаблон обычно снабжен уровнем, дающим возможность одновременно с замером фактической ширины колеи произвести проверку горизонтальности головок рельсов.

При подъемке пути для определения возвышения одного рельса над другим обычно применяют гладкую рейку из дерева твердой



Фиг. 211. Контрольный раздвижной шаблон.

породы и съемный уровень, а также ступенчатую деревянную подкладку.

Для выправления просадок, определения уклонов, рытья котлованов, когда необходимо определить, на какую высоту нужно поднять или опустить в данном месте путь, употребляют визирку. Этот инструмент состоит из трех деревянных реек; две из них одинаковой величины и окрашены в белый цвет, а третья имеет горизонтальную полку двойной ширины, окрашиваемую в красный цвет.

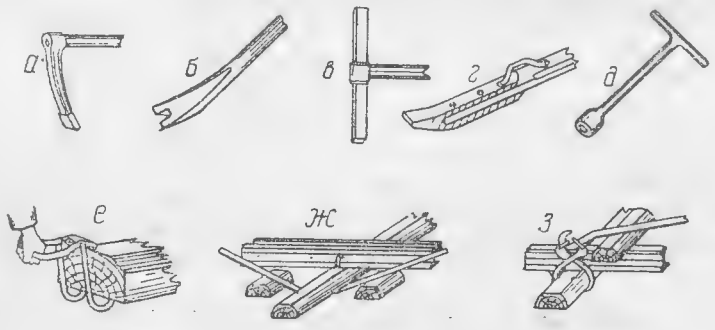
Для измерения величины радиуса кривых применяют радиусомер или прогибомер, дающий величину радиуса в метрах по стреле прогиба рельса (см. фиг. 199, стр. 294).

Инструменты для земляных работ

Основным ручным инструментом для земляных работ и работ с песчаным балластом служит лопата, изготовляемая из листовой стали способом штамповки, а также землекопная лопата — деревянный черенок с насаженной стальной оковкой. При разработках твердого грунта и рыхлении ручным способом применяют остроконечный лом и остроконечную кирку.

Инструменты для устройства основания

Для устройства шпальных и бесшпальных оснований применяют следующие ручные инструменты (фиг. 212): *а* — подбойка маховая и торцовая, *б* — лапа костыльная, *в* — молоток костыльный, *г* — вага, *д* — ключ торцовый, *е* — шпалоноска, *ж* — лом для подвески шпал, *з* — клещи для подвески шпал.



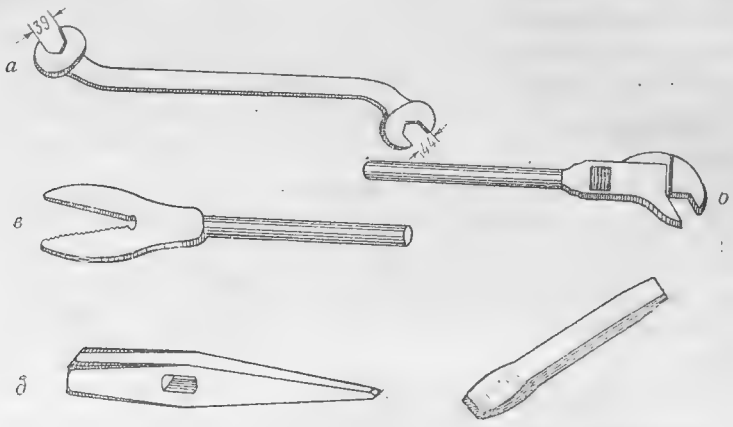
Фиг. 212. Ручные инструменты для устройства основания.

Кроме того, имеют применение домкраты винтовые и рычажные, а также топор французский (дексель) для зачистки и затески шпал.

Инструменты для устройства верхнего строения пути

Для устройства верхнего строения применяются следующие ручные инструменты (фиг. 213): *а* — гаечный ключ двухсторонний с головками под гайки для болтов диам. 25 и 22 мм, *б* — раздвижной гаечный ключ, *в* — ключ-аллигатор для завинчивания гаек и регулирования тяг в стрелках, *г* — слесарное зубило, *д* — кузнечное зубило для срубки неподдающихся отбалчиванию болтов и гаек и зачистки заусенцев в рельсах. Кроме того, приме-

няют клещи для переноски и подтаскивания рельсов и специальных частей, остроконечные ломы, длиной 1,8 м, диам. 28 мм, для кантовки и передвижки рельсов и специальных частей, кувалды,



Фиг. 213. Ручные инструменты для устройства верхнего строения пути.

оправки для дыр, канат пеньковый или цепь с крюком для подтаскивания рельсов, трещотки для сверления дыр, пилы и другие инструменты.

Инструменты для устройства мостовых

Основными инструментами для устройства мостовых служат: лопата, лом, маленькая лопаточка, молоток и трамбовка.

§ 134. Организация восстановительных работ

Бесперебойная работа трамвая в условиях военного времени имеет особое значение, так как трамвай, служа основным видом городского пассажирского транспорта, в значительной степени обслуживает также грузовые и специальные перевозки в городах.

Поэтому срочное восстановление путевых сооружений трамвая в случае нарушения их в результате воздушного нападения и от других причин, — это необходимая и первоочередная задача городского хозяйства.

Основные возможные разрушения путевых сооружений следующие:

а) поверхностное разрушение строения пути на прямых и кривых участках и на узлах;

б) разрушение пути с образованием воронок;

в) разрушение искусственных сооружений — мостов, труб и путей на них;

г) разрушение различных подземных сооружений (водопровода, канализации, газовой сети), влияющее на состояние пути,

вызывающее размывы линий или необходимость больших разрытий под путями;

д) образование завалов трамвайных путей материалами разрушенных зданий, землей, строительным мусором.

Для восстановления разрушений путевого хозяйства в системе трамвая, кроме нормально действующих бригад скорой технической помощи, создаются специальные аварийно-восстановительные команды, снабженные необходимыми инструментами, оборудованием, транспортом, запасом материалов и квалифицированной рабочей силой.

Аварийно-восстановительные команды путевого хозяйства рассматриваются, в основном, как дежурные команды для восстановления разрушений пути в случае воздушного нападения. Из практики установлена целесообразность использования этих команд на ремонте и содержании пути, для чего, в первую очередь, должна быть налажена хорошая связь через диспетчерскую систему.

В ремонтный сезон аварийно-восстановительные команды должны быть использованы для планово-предупредительного ремонта пути (подъемка пути с частичной сменой шпал и ремонтом верхнего строения), т. е. на работах, не связанных с прекращением движения, чтобы в любой момент можно было эти работы прекратить без ущерба для движения и самих работ. Организация этих работ должна быть построена по определенному плану с тем, чтобы команды, вступающие на дежурство по графику, заранее знали, где и что они должны выполнить. В зимнее время эти команды можно использовать на очистке пути, расчистке кюветов и других работах на тех же основаниях.

Поверхностное разрушение охватывает, главным образом, верхнее строение трамвайного пути и вызывает разрывы рельсов, искривление направления пути и разрушения отдельных его элементов.

Исправление таких разрушений производится общими способами, как и после случайных аварий, и не требует каких-либо специальных мер.

Разрушение пути с образованием воронок имеет место при разрыве фугасной авиабомбы или снаряда непосредственно на полотне пути или обочине.

Для исправления такого разрушения пути возможны два вида предварительных работ: засыпка воронки или перекрытие воронки для возможности укладки пути.

Если вблизи места разрушения имеется достаточное количество грунта, балласта или строительного мусора, то воронки засыпают. Это лучший способ ликвидации воронок. При засыпке для избежания просадок пути при эксплоатации необходимо тщательно трамбовать грунт. Кроме того, перед засыпкой нужно убедиться в отсутствии повреждений подземных сооружений в месте образования воронки.

Если восстановление подземных сооружений задерживает засыпку воронки, то может быть вариант частичной засыпки

воронки с оставлением в засыпке траншеи или галлереи для подземных работ.

Перекрытие воронок в том случае, когда не производится их засыпка, осуществляется при помощи балочных мостиков или готовых сборных деревянных или реже металлических конструкций. При малых размерах воронок балочные мостики устраивают на опорах из лежней, при больших пролетах — на опорах из шпальных клеток.

Когда засыпка воронки или устройство временных мостиков задерживается по различным причинам (необходимое исправление разрушенных подземных сооружений в воронке, наличие больших разрушений и завалов, препятствующих работе, наличие других более неотложных работ), движение может быть осуществлено при помощи переключения его на параллельные трассы путей, при их наличии, без каких бы то ни было работ или с необходимыми дооборудованиями примыкающих узлов в виде отдельных временных ответвлений. Кроме того, могут быть устроены временные обходные пути упрощенной конструкции.

Выбор того или иного решения зависит от местных условий. Производят сравнение возможных вариантов быстрейшего восстановления движения, с учетом соображений экономического характера.

Одновременно с подготовкой земляного полотна, засыпкой воронки или устройством временных мостиков для перекрытия воронки, производят подготовку и верхнего строения пути, заключающуюся в подвозке необходимых материалов, резке рельсов, сверлении дыр для стыков и тяг, проверке и выправлении пути до границы воронки, с тем расчетом, чтобы к окончанию земляных работ или устройству временных мостиков все подготовительные работы были закончены. Тогда время на восстановительные путевые работы будет значительно сокращено, а следовательно и перерыв движения будет короче.

Путевые работы так же, как и в первом случае разрушения, делятся на два этапа — сначала выполняют основные работы, позволяющие открыть движение по поврежденному участку, а затем все отделочные работы.

При разрушении сложных узлов должна быть предварительно рассмотрена схема узла и решен вопрос об очередности пуска движения по различным направлениям с целью сокращения перерыва движения по наиболее важному и загруженному направлению. В зависимости от принятого решения строят план организации работ для восстановления узла.

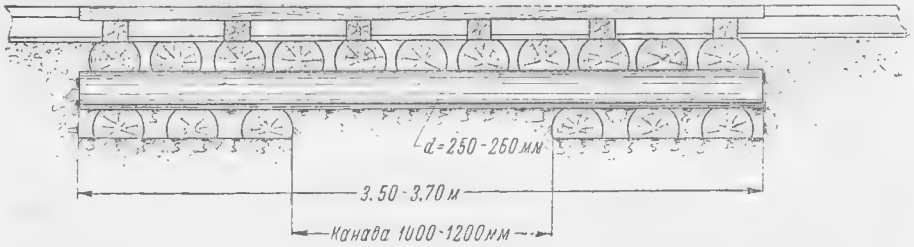
Иногда целесообразно бывает восстановить одно направление, оставив восстановление второго направления до нормального ночного перерыва движения.

Разрушение искусственных сооружений — мостов, труб и путей на них — может быть или в виде полного разрушения или разрушения отдельных узлов или деталей.

Восстановление таких разрушений должно быть произведено, прежде всего, с учетом возможности использования всей кон-

струкции в целом с ремонтом отдельных узлов или деталей, с установкой дополнительных опор, и лишь в крайнем случае, при невозможности сохранения конструкции, путем замены пролетного строения и опор таким же способом, как и при перекрытии воронок.

Разрушение различных подземных сооружений, расположенных вблизи трамвайных путей (водопровода, канализации) может оказать вредное влияние на состояние путей трамвая. В зависимости от величины разрушений определяют и порядок восстановительных работ, прежде всего, с учетом возможности производства работ без нарушения движения. Для этого особо тщательно должно быть обследовано место разрушения и совместно с организацией, которой принадлежат разрушенные сооружения, должно быть принято соответствующее решение о порядке восстановительных работ. Движение рекомендуется



Фиг. 214. Балочный мостик над разрытием под путями

закрывать лишь в том случае, если при размыве грунта под полотном пути образовались пустоты, грозящие обвалом и тем самым небезопасные для движения. В остальных случаях работы должны производиться под движением, при размыве линии — исправлением образовавшихся просадок отводом накопившейся воды от земляного полотна и добавлением балласта, а при необходимости в разрытии — постройкой временных балочных мостиков простейшего типа (фиг. 214).

Образование завалов трамвайных путей материалами разрушенных зданий, строительным мусором, землей нарушает трамвайное движение иногда на продолжительное время. Расчистка завалов, в основном, производится специальными организациями местной противовоздушной обороны, но трамвайные аварийно-восстановительные бригады должны принимать участие и в этих работах, с целью сокращения срока перерыва движения. Кроме того, после расчистки завала должно быть проверено техническое состояние путей и немедленно приняты меры к исправлению обнаруженных недостатков. Расчистка завалов на проезде должна быть организована в такой последовательности, чтобы в первую очередь была расчищена полоса, занимаемая трамвайными путями. При этом, материалы должны быть сложены в призмы или кучи, имеющие устойчивые откосы, не грозящие

безопасности движения. Например, для кирпичного лома этот откос должен быть не круче 1 : 1, для крупных же обломков он может быть круче, достигая отвесного положения. Все выступающие за откос части балок, рельсов должны быть убраны или срезаны.

§ 135. Устройство временных трамвайных путей

Временные трамвайные линии упрощенного типа получают применение в условиях военного времени и в процессе восстановления разрушенных войной трамвайных предприятий. Кроме того, они применимы и в обычных нормальных условиях эксплоатации.

Наибольшее применение временные трамвайные линии упрощенного типа получают:

а) при необходимости временно уложить обходные линии упрощенного типа, что позволяет быстро восстановить движение вагонов трамвая до того времени, пока не будет полностью капитально восстановлен разрушенный участок пути;

б) при необходимости закрыть движение трамвая на отдельных улицах, площадях и районах города, переключив движение на параллельные улицы или на один путь; временные ветки, узлы и переходы упрощенного типа позволяют в таких случаях быстро и экономно осуществить новый график движения с наименьшим отклонением от нормального и при максимальном использовании освобождающегося подвижного состава;

в) при необходимости во временной подаче электротранспортом разного рода материалов, топлива и продовольствия к базам и складам постоянного и особенно временного типа и при разгрузке их, а также для подачи строительных материалов, особенно местных, к стройкам, не имеющим подъездных трамвайных веток;

г) при погрузке трамвайных вагонов на железнодорожные вагоны и выгрузке с них (при перевозке трамвайных вагонов по железной дороге);

д) при большом капитальном ремонте и переустройстве постоянных трамвайных линий целесообразно в некоторых случаях устройство обходных временных линий упрощенного типа, с целью сохранения графика движения и возможности производства работ в дневное время и скоростным способом.

Упрощенная конструкция путей и сооружений на временных ветках должна давать гарантию безопасности и надежности движения по ним подвижного состава трамвая, допуская некоторое отступление от правил технической эксплоатации в части ограничения скорости движения до 20 км/час на прямых участках пути и при соответственном снижении скорости на кривых и специальных частях.

Устройство временных путей, укладываемых непосредственно на поверхность проездов

При укладке трамвайных путей непосредственно на поверхность уличной одежды производится выравнивание верхнего строе-

ния пути для придания ему правильного положения в вертикальной плоскости и для равномерной передачи давления от подвижного состава через рельсы основанию, представляющему собой покрытие проезда.

При асфальтовых покрытиях основание не нарушают, а при отделке пути рельсовые нитки выравнивают укладкой под подошву рельсов обрезков досок длиной 0,5—0,6 м с забивкой деревянных клиньев.

При усовершенствованных и булыжных мостовых, кроме выравнивания пути, как при асфальтовых покрытиях, можно производить выравнивание щебнем, подбиваемым на необходимую высоту под подошву рельса в местах просадки мостовой.

Подбивка щебнем производится также при прокладке путей по щебеночным шоссе.

При незамощенных проездах перед укладкой пути производят планировку земляного полотна в соответствии с проектным продольным и поперечным профилем проезда.

Отметки могут быть даны при плавных переломах профиля на-глаз, при резких переломах — нивелиром или визирками.

На участке ответвления ветки от пути, расположенного на магистральном проезде или при пересечении веткой проезда, имеющего важное значение, может быть произведено заглубление веток в уровень с проезжей частью. В этом случае укладывают нормальный трамвайный путь на шпальном основании, но с уменьшенным слоем балласта, толщиной 5—8 см, и с меньшим количеством шпал на километр пути.

При сооружении временных трамвайных линий можно применять любые трамвайные и железнодорожные рельсы Виньоль, а также и узколейные рельсы, весом до 18 кг/пог. м.

Тип рельсов выбирают в соответствии с их наличием на находящихся поблизости складах. Однако, для каждой отдельной линии нужно, по возможности, выбирать однотипные рельсы или же сортировать их по участкам.

При асфальтовых покрытиях рельсы трамвайного типа, с широкой подошвой, укладывают непосредственно на дорожное покрытие. Рельсы типа Виньоль, а также более легких типов, нужно укладывать на деревянные поперечины из новых или старых шпал или из досок, толщиной не менее 50 мм. Длина шпал может быть 2,2—2,7 м, но применяют и коротыши, длиной 0,6 м, под каждую рельсовую нитку.

При замощенных проездах непосредственно на дорожное штучное покрытие могут быть уложены трамвайные рельсы или железнодорожные типа не ниже Виньоль IIIа. Остальные типы рельсов укладывают на деревянные поперечины толщиной не менее 70 мм.

При незамощенных проездах любые типы рельсов укладывают на деревянных поперечинах из шпал или из досок длиной не менее 2,2 м, толщиной не менее 70 мм, и обязательно под обе нитки пути. При укладке веток в зимний период при замерзшем грунте, рассчитанных на работу исключительно в зимний период,

рельсы типа не ниже Виньоль IVa можно класть непосредственно на грунт или любое покрытие, но с предварительной очисткой грунта от снега и с выравниванием подошвы рельсов щебнем и с последующей проливкой его водой.

Минимальное расстояние между осями деревянных поперечин или клиньев при выравнивании должно быть:

при рельсах Феникс высотой 180 мм	2,0 м	или	500 шт. на 1 км
при прочих рельсах трамвайного типа	1,5 „	„	670 „ „ „ „
при рельсах Виньоль типа Ia — IIa	1,3 „	„	770 „ „ „ „
при рельсах Виньоль типа IIIa — IVa	0,9 „	„	1110 „ „ „ „
при прочих легких типах рельсов	0,75 „	„	1340 „ „ „ „

Рельсы прикрепляют к основанию: при применении шпальных поперечин — нормальными костылями в количестве 4 шт. на шпалу или 2 шт. на коротыш; при применении поперечин из досок — или нормальными костылями, в этом случае в досках должны быть просверлены отверстия для костылей, или специальными костылями-крюками толщиной 6—8 мм и длиной 60—80 мм; при применении клиньев последние после выравнивания прибивают гвоздями 125—175 мм к поперечинам; при непосредственной укладке рельсов на дорожное покрытие прикрепление рельсов к основанию не производится, а в покрытие забивают направляющие костыли через 1,5—2,0 м для поддержания рихтовки пути.

Направляющие костыли забивают и при укладке пути на поперечинах через 3—5 поперечин.

Направляющие костыли предохраняют также путь от поперечного перемещения под действием температуры и других внешних сил.

Колея и взаимное расположение ниток рельсов

Во всех случаях укладки рельсов, кроме укладки рельсов Виньоль железнодорожного типа и более легких на поперечинах из нормальных шпал, необходимая ширина колеи поддерживается поперечными тягами из круглого железа диаметром не менее 22 мм или плоских тяг из полосового железа сечением не менее 6×90 или 9×60 мм с винтовой нарезкой по концам диаметром не менее 22 мм.

При укладке рельсов Виньоль железнодорожного типа и более легких на поперечинах из нормальных шпал поперечные тяги нужно ставить только на кривых участках пути радиуса менее 75 м и на переездах безрельсового транспорта. В остальных случаях ширина колеи поддерживается пришивкой рельсов костылями.

Превышение наружной нитки в кривых должно соответствовать правилам технической эксплоатации и осуществляется при помощи клиньев или подбивкой балласта.

Конструкция стыков

Стык должен давать гарантию неизменяемости рабочего канта двух смежных рельсов. Для этого он должен быть скреплен фа-

сонными накладками, соответствующими типу рельсов. Крепление производится на 4 болта: два средних и два крайних при шестидырной накладке.

При легких рельсах (типа Виньоль IVa и ниже) крепление может производиться полосовым железом шириной, соответствующей пазухе рельса, и толщиной не менее 12 мм.

Рельсы при переходе с одного типа на другой крепят сваренными заранее переходными кусками рельсов, или переходными накладками. Накладки делают из полосового железа толщиной не менее 16 мм и шириной, соответствующей пазухе скрепляемых рельсов, и крепят на 6 болтах.

Устройство временных переносных трамвайных путей из сборных элементов

Временные ветки, с целью ускорения строительства и уменьшения потребности в рабочей силе, можно собирать на месте из заготовленных заранее секций. Секции укладывают без балластного слоя непосредственно на дорожное покрытие или на грунт.

Отдельные сборные секции должны иметь габариты, позволяющие перевозить их на автомобилях и электропоездах. Вес секций не должен быть слишком большой.

Предложенные Службой пути Московского трамвая в качестве типовых секции имеют наибольшую длину 4,2 м и ширину 2,2 м, что укладывается в габарит подвижного состава. Вес секций зависит от типа применяемых рельсов и шпал. Для изготовления переносных путей в качестве средних типовых приняты элементы, собранные из узкоколейных рельсов Виньоль высотой 107 мм, на металлических шпалах из швеллеров, имеющих полки высотой 60 мм. В этом случае вес секции не превышает 0,6 т и позволяет для погрузки и выгрузки пользоваться любым подъемным краном.

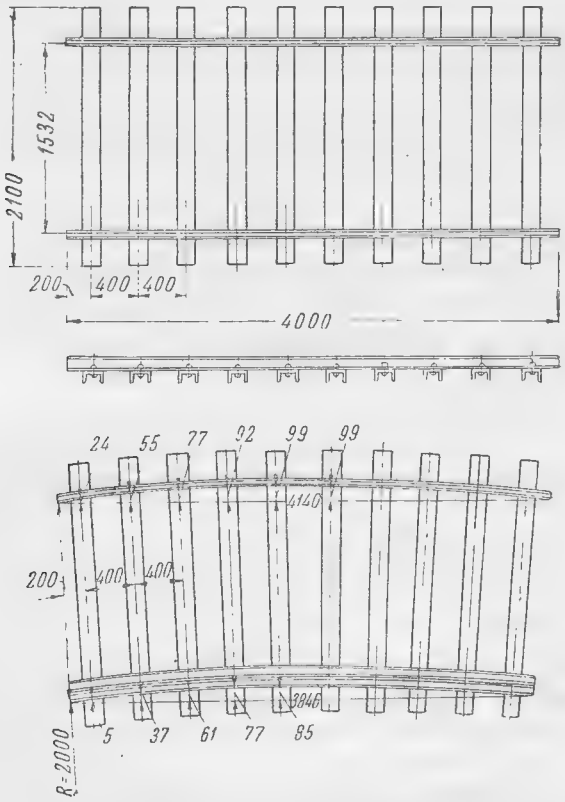
В зависимости от местных условий и наличия на местах других материалов сборные элементы можно изготовлять и из другого типа рельсов. Рельсы Виньоль можно рекомендовать к употреблению весом от 18 до 24 кг/пог. м. В качестве шпал, кроме швеллеров, можно применять уголковое и тавровое железо, имеющее полки высотой не менее 50 мм.

Прямые и кривые участки пути собирают из элементов длиной 4 м (фиг. 215). Для уменьшения количества разнотипных элементов для кривых участков пути принят радиус внутренней нитки кривой 20 м. Следовательно полный элемент пути для кривой длиной 4 м (по оси кривой) имеет:

радиус кривой $R = 20{,}766$ м (по оси),
тангенс кривой $T = 2{,}010$ м,
угол поворота $\alpha = 11°02'08''$,
длину кривой $l = 4$ м.

Таким образом, при проектировании и разбивке кривых угол поворота линии должен быть кратным углу поворота α-элемента

или, в крайнем случае, длина элемента изменяется за счет обрезки на величину, кратную 400 мм, — расстоянию между шпалами.



Фиг. 215. Сборные элементы прямых и кривых участков.

Стрелочный перевод на переносном пути (фиг. 216) собирают из 5 элементов:

I — стрелка,

II — комплектные куски (половина, ближайшая к стрелке),

III — комплектные куски (половина, ближайшая к крестовине),

IV — крестовина с оградительными кусками,

V — оградительный кусок по кривой.

Стрелочный перевод запроектирован со стрелкой радиусом 20 м по внутренней нитке и с прямой крестовиной марки 1 : 4.

Длина стрелочного перевода от начала стрелки до математического центра крестовины $L = 11{,}38$ м (по прямой).

Длина стрелки $l_1 = 3{,}600$ м.

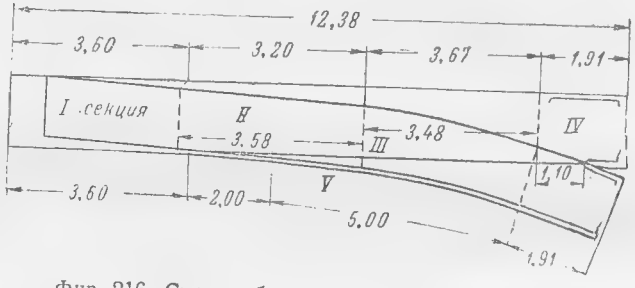
Длина крестовины $l_2 = 2{,}100$ *м* (до математического центра 1,000 м).

Отдельные секции пути и стрелочного перевода скрепляют плоскими четырехдырными накладками с болтами диам. 16—22 мм, с постановкой для контакта электрических соединений.

Тип и способ постановки электрических соединений не нормирован.

Кривые элементы пути и перевода снабжены по внутренней нитке поднятым на 10 мм контррельсом того же профиля, как и основной.

Ширина колеи стрелочного перевода по прямому и кривому направлениям принята равной 1532 мм. Это дает гарантию тща-



Фиг. 216. Схема сборки стрелочного перевода.

тельной сборки и точного присоединения разнотипных элементов без ущерба для безопасности движения.

Ширина жолоба при сборке контррельса и оградительных рельсов при крестовине принята в 40 мм.

Собранные элементы переносного пути укладывают непосредственно на дорожное покрытие или на предварительно спланированный грунт и выравнивают деревянными клиньями длиной 0,6—0,8 м и шириной 0,12 м, или при наличии на месте балласта — песком, щебнем, гравием или шлаком. Подбивка балластом производится с боков и торцов металлических шпал; наиболее тщательно должны быть подбиты шпалы у стыков.

Переносные трамвайные пути из сборных элементов присоединяют к существующим врезкой нормального стрелочного перевода любого типа.

Устройство временных путей на деревянных лежнях

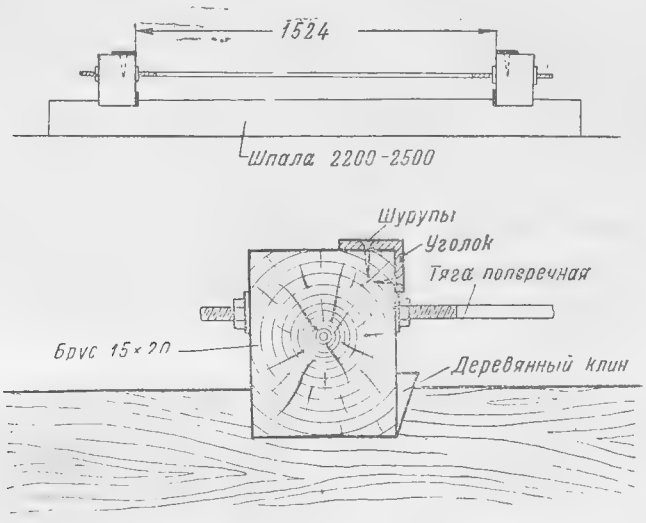
При отсутствии рельсов и необходимости срочной организации временного трамвайного движения можно, как крайнюю меру, применить пути из продольных деревянных лежней, обитых по рабочей поверхности полосовым или уголковым железом.

Лежни укладывают непосредственно на грунт, на одежду проезжей части или врезают в поперечные шпалы, располагаемые, в зависимости от мощности лежней, через 1—2 м друг от друга.

Прикрепление продольных лежней, врезанных в шпалы, осуществляется забивкой деревянных клиньев.

Полосовое или уголковое железо прикрепляют к лежням шурупами с потайными головками.

Установленная ширина колеи достигается поперечными тягами из круглого железа, пропущенными в верхней трети высоты лежня через 2 м.



Фиг. 217. Конструкция пути из уголкового железа на деревянных лежнях.

Стыки металлических полос или уголков и лежней должны быть расположены на разных нитках в шахматном порядке.

Стыки лежней рекомендуется делать врубкой в полдерева, но допускается и простое примыкание без врубок.

Стыки полос или уголков не должны нарушать электропроводности нитки, для этого к ним приваривают полоски железа толщиной не менее 6 мм. Полоску приваривают в стыке снизу, она выступает со стороны, противоположной рабочему канту, и врезается в продольный лежень.

Конструкция упрощенных путей из полосового и уголкового железа на продольных деревянных лежнях показана на фиг. 217.

Устройство переездов

Наиболее простой способ устройства пересечения путей с проездами — это переезд из досок, расположенных вдоль пути, пришитых к поперечинам, закладываемым в пазы рельсов.

Толщина продольных досок должна быть не менее 50 мм, поперечин — в соответствии с типами применяемых рельсов. Наружный край поперечин удерживается костылями, забиваемыми в конструкцию проезда.

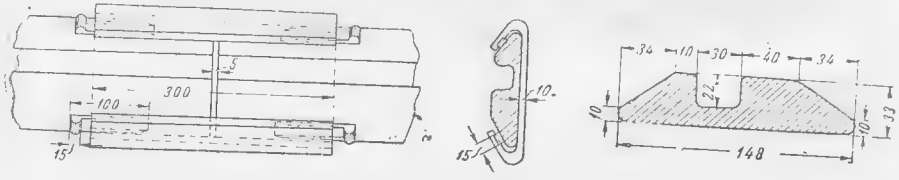
При пересечении незамощенных проездов может быть применена засыпка щебнем или строительным мусором до уровня на 2—3 см ниже верхней поверхности головки рельса.

При заглублении веток в уровень с проезжей частью мостовое покрытие, при наличии штучного замощения проезда, устраивают из того же материала в уровень с головкой рельса. При наличии асфальтового покрытия может быть произведено замощение, засыпка и утрамбовка щебнем или устройство переезда из шпал или досок, в зависимости от имеющихся на месте материалов.

Устройство накидных путей и переходов

Кроме описанных выше конструкций, в качестве временных путей с успехом можно применять накидные пути и переходы, изготовленные из специального профиля рельса без шейки (фиг. 218).

Рельсы укладывают непосредственно на мостовую с выравниванием их подбивкой балластом и пришивкой костылями через



Фиг. 218. Рельсы для накидных путей.

1 м к кольям, забитым в мостовую. Переходы изготовляют из таких же рельсов, накидываемых сверху существующих путей и дающих возможность без разборки путей пропускать вагоны на ответвление временного пути.

§ 136. Приемка работ при строительстве и капитальном ремонте трамвайных путей

Приемку работ при строительстве и капитальном ремонте трамвайных путей нужно начинать во время производства работ, чтобы отдельные элементы работ, в случае обнаруженных недостатков, можно было исправить без разломки замощения.

При приемке отдельных работ составляют акт с оценкой качества выполнения (отлично, хорошо, удовлетворительно, плохо), с указанием недостатков, требующих исправлений, и сроков выполнения.

Элементы пути, которые обследуют и проверяют при приемке, следующие:

а) котлован: размеры, планировка, укатка;

б) нижний слой основания — балласта: размеры, укладка, укатка;

в) верхний слой основания: подбивка шпал, размеры, качество подбивки шпал или рельсов;

г) шпалы: их качество, расположение и подбивка;

д) крепление рельсов к шпалам: качество крепежного материала, качество крепления;

е) рельсы: качество их, правильность укладки по шаблону и уровню; рихтовка; соответствие расположения чертежу по плану и профилю;

ж) стыки рельсов: плавность соединения; качество крепежного материала; качество крепления; обработка стыков; подбивка стыков; электросоединения стыков;

з) соединение рельсов тягами и поперечными электросоединениями;

и) слой засыпки шпал и рельсов: качество материала и качество засыпки;

к) кривые: их выполнение, соответствие проектным радиусам, нормам уширений и превышений; плавность кривых в стыках и по длине отдельных рельсов; расположение и крепление контрельсов;

л) специальные части: расположение их в плане и профиле; соответствие эпюрам и нормам; качество материала, выполнения и укладки, выполнение стыковых соединений, поперечного крепления, крепления к основанию; подбивка; выполнение водоотвода от стрелок и механизированного перевода;

м) водоотводные сооружения: качество материала и выполнения устройств в соответствии с проектными данными;

н) верхнее покрытие: качество материала и выполнение.

Указанные элементы пути и весь путь в целом должны соответствовать проекту в объеме сметы и утвержденным техническим условиям.

Путь должен соответствовать следующим условиям:

1. По шаблону не должен иметь отклонений на прямой и кривой более $+2$, -0 мм.

2. По уровню не должен иметь отклонение более ± 2 мм с плавными отводами.

3. Движение вагонов по пути при скорости до 40 км/час и при параллельно включенных моторах должно быть плавным, без стука, толчков, раскачиваний и ныряний. При въезде на кривые со скоростью до 15 км/час не должно быть толчков, а также визга колес.

4. Путь на-глаз не должен иметь в плане и в профиле углов, впадин и горбин. Рихтовка при проверке в бинокль должна быть плавной, без углов и извилин.

5. Кривые в отдельных частях не должны иметь в величине радиуса отступлений от проекта более, чем на 1 м для радиуса до 30 м, 2 м — для радиуса от 30 до 50 м и до 5 м — для радиуса от 50 до 150 м; при радиусе выше 150 м отклонения допускаются до 10 м.

6. Междупутье не должно иметь отклонений от проектной ширины больше, чем ± 10 мм.

7. Дно котлована должно быть устроено с хорошим водоотводом, не иметь впадин, быть хорошо уплотненным и иметь отклонения от проектного уклона не более, чем 0,002, но так, чтобы застоев воды не было.

8. Нижний слой основания должен быть хорошо уплотнен, не иметь впадин и давать гарантию хорошего водоотвода; отклонения в толщине ± 2 см, в уклоне 0,002, но так, чтобы не было застоев воды.

9. Шпалы, подкладки и тяги по отношению к оси пути должны быть расположены строго перпендикулярно. По внешней стороне пути шпалы должны лежать ровно по шнуру: отклонение от расположения в плане допускаются ± 5 см. Шпалы должны быть пришиты тремя костылями. Головки костылей должны плотно прилегать к рельсовой подошве и не отклоняться при проходе вагона.

10. Подбивка шпал и рельсов должна быть плотной; при пробной подбивке ручная подбойка не должна уходить под шпалу более, чем на 2 см. Плотность подбивки шпал проверяется ударом по шпале и просмотром осадки при прохождении вагона. Осадка рельса не должна быть заметна на-глаз. Упругая осадка должна быть не более 2 мм при песчаном балласте и 1 м при щебне; остающаяся осадка не допускается.

11. Междушпальные и междурельсовые ящики должны быть плотно утрамбованными и не давать осадки при пробной трамбовке.

12. Стыки рельсов должны быть хорошо подогнанными в плане и по вертикали, не давать углов, уступов, толчков и ударов при проходе вагона в обоих направлениях. Шестидырные накладки должны быть хорошо подогнанными, иметь все 6 болтов с гайками и пружинными шайбами. Постановка под гайку более, чем одной шайбы, не разрешается. Нарезка болта должна выходить за гайку не менее, чем на 4 витка. При проходе вагона стык не должен прогибаться более, чем на 2 мм. Остающаяся осадка не должна быть заметна. Путь в стыке не должен прогибаться более, чем в целом рельсе. Сварные стыки должны быть тщательно опилены и давать гладкую рабочую поверхность. Температурные стыки должны иметь установленный при данной температуре зазор.

13. Электрические соединения стыковые, путевые и междупутные должны быть прочно приварены в местах, указанных техническими условиями.

14. Кривые должны быть снабжены переходными участками, не иметь углов и изломов; контррельсы не должны стоять выше, чем на 10 мм, по сравнению с рабочей поверхностью рельса и быть стянутыми болтами так, чтобы при проходе вагона они не отходили от рабочего рельса, сохраняя установленную ширину жолоба, который не должен иметь отклонения более ± 2 мм.

15. Специальные части должны соответствовать эпюрам. Размеры колей, растворы, длины соединительных кусков и радиусы должны быть выполнены так, чтобы отклонения в размерах

длины, показанных на эпюрах, не были более 0,1%. Места, где имеются неплавные переходы одной части к другой (острие и пята пера, заплечики в рамных рельсах и контррельсах, острие крестовин, накаты и поперечные желобы), должны быть тщательно подрублены и запилены, чтобы при проходе двухосных и четырехосных вагонов в том и другом направлениях не было заметно отжима и подпрыгивания перьев, толчков, ударов, набегания реборд, ненормальных зазоров, заеданий частей и стружки. Спецчасти в целом должны быть тщательно подбиты и не давать заметной на-глаз осадки при проходе вагонов. Упругие осадки не должны превышать 1—2 мм. Стрелочные замыкатели должны плотно сидеть в гнездах, четко работать и плотно прижимать перья к рамным рельсам и контррельсам в остряке и в пяте. Неплотное прилегание пера более, чем в 1 мм, не допускается. Пришивка к шпалам и подбивка должны быть плотными. Стрелочные коробки и пяточные пружины должны быть плотно приболченными, иметь хорошо подогнанные крышки. Отвод воды от стрелок должен быть быстрым и полным и должна иметься возможность прочистки труб при засорении. Механизированный перевод стрелок должен работать бесперебойно и обслуживать нормальное движение вагонов. Перья должны плавно и плотно прижиматься к рамному рельсу и контррельсу и не давать щели более 1 мм.

16. Верхнее покрытие должно быть особенно тщательно выполнено в местах примыкания к рельсам и специальным частям в одном с ними уровне, не образуя провалов и выступов. При булыжной и штучной мостовых камни должны быть тщательно и плотно подогнаны друг к другу, плотно утрамбованы и расщебенены мелким щебнем и песком. При поперечной езде автотранспорта по мостовой не должно ощущаться толчков. Мостовая должна быть снабжена нормальным водоотводом и не иметь впадин, задерживающих воду. При проходе вагонов не должно быть заметно движения покрытия и образования трещин в нем. Для проверки качества штучного замощения при приемке может производиться пробное перемощение для определения плотности подгонки отдельных камней. Количество недостающего камня при перемощении не должно быть более 1%.

Остановочные пункты, сигналы, переезды, шлагбаумы на пересечении с железнодорожными путями должны быть выполнены к моменту открытия пассажирского движения, согласно проекту, сметам и техническим условиям.

Приемка пути производится при пробной прокатке вагонов в нормальных условиях движения. После этой приемки и исправления замеченных недостатков по акту и по обкатке пути не менее, чем 100 прошедшими поездами, производится окончательная приемка с составлением акта, подтверждающего объем и качество выполненных работ по элементам. В сдаче-приемке и подписи акта принимает участие производитель работ, представитель дистанции, которая будет эксплоатировать пути, представитель Службы пути и Службы движения.

ГЛАВА IX

ЭКСПЛОАТАЦИЯ ТРАМВАЙНЫХ ПУТЕЙ

§ 137. Виды и характеристика путевых работ

Главнейшее требование, которое предъявляется к путевому хозяйству — это безопасное и бесперебойное движение поездов трамвая. Поэтому надлежащее техническое состояние трамвайных путей нужно поддерживать усиленным, четким надзором и уходом и установлением такой системы ремонта, которая при максимальной экономии материалов и рабочей силы гарантировала бы исправное и бесперебойное движение.

Правилами технической эксплоатации трамвая, утвержденными НККХ РСФСР в 1942 г., установлена следующая классификация путевых работ:

1) постройка новых и реконструкция существующих путей,
2) капитальный и аварийно-восстановительный ремонт,
3) планово-предупредительный ремонт,
4) текущий ремонт.

Практически на ряде трамваев данная классификация несколько изменена, и реконструкция существующих путей отделена от постройки путей, а аварийно-восстановительный ремонт от капитального.

Новое строительство заключается в строительстве новых пассажирских и грузовых линий.

Реконструкция трамвайных путей разделяется на два вида: переустройство путей и улучшение конструкции. Переустройство путей и узлов может быть вызвано необходимостью увеличения пропускной способности, а также работами других организаций на уличных проездах. Улучшение конструкции, вызванное заменой устаревших типов, большей частью связывается одновременно с общим благоустройством проездов.

Ремонт трамвайных путей заключается в исправлении и устранении всех неисправностей и отклонений пути от нормального его состояния, возникших от различных причин, например, нормального износа, неправильного устройства. Основная задача ремонта пути, кроме исправления обнаруженных неисправностей и отклонений от норм, также и предупреждение появления новых неисправностей в процессе дальнейшей эксплоатации.

Ремонт трамвайных путей разбивается на четыре вида:

I. Капитальный, производящийся периодически через определенные промежутки времени в результате определенного количества пропущенного по пути груза, когда на значительном протяжении целиком путевая конструкция или часть ее имеют предельный износ.

II. Планово-предупредительный (средний), производящийся тоже через определенные промежутки времени, в зависимости от количества прошедшего груза, заключающийся в том, что данную конструкцию путевого сооружения (или часть ее) укрепляют, восстанавливают или обновляют, приближая к первоначальному ее состоянию, что удлиняет срок службы и улучшает общее техническое состояние пути.

III. Текущий, представляющий собой мелкий ремонт пути — выправление отдельных мелких неисправностей пути, образовавшихся от всевозможных причин, главным образом, стихийного, случайного характера (разрыв и разбалчивание стыков, обрыв тяг, разрыв рельсов, размыв линии, местные просадки, пучины). Текущий ремонт нужно вести по системе текущего содержания пути, при которой не только исправляются обнаруженные неисправности, а в основном предупреждается их появление.

IV. Аварийно-восстановительный, состоящий в исправлении или восстановлении пути после аварий и разрушений.

Ниже приводится подробная классификация основных путевых работ по видам ремонта:

I. Капитальный ремонт путей

К капитальному ремонту путей относится ремонт, указанный в табл. 36.

Таблица 36

Вид ремонта	Характеристика ремонта
1. Сплошная замена рельсов на прямых участках пути и на кривых радиуса больше 150 м	Сплошная замена изношенных рельсов на отдельных прямых участках пути и на кривых большого радиуса. Работа может выполняться как самостоятельная, или вместе с заменой оснований. Одновременно с заменой рельсов меняют негодные скрепления
2. Сплошная замена рельсов на кривых участках пути радиуса 150 м и менее	Сплошная замена изношенных рельсов на кривых участках пути малого радиуса на протяжении всей кривой одиночного пути, расположенной между прямыми участками или специальными частями. Одновременно меняют негодные скрепления
3. Замена отдельных стрелок или пересечений и узлов	Замена изношенных стрелок, крестовин или пересечений, отдельно или совместно с комплектными или оградительными кусками рельсов, с одновременной заменой негодных скреплений. Целые узлы заменяют только в случае полного износа или близкого к нему всех отдельных элементов узла

Продолжение табл. 36

Вид ремонта	Характеристика ремонта
4. Сплошная замена оснований	Сплошная замена шпал и негодного балласта на отдельных участках сети, как самостоятельная работа, так и совместно с ремонтом верхнего строения. Сплошная замена шпал производится при наличии более 60% негодных шпал

II. Планово-предупредительный (средний) ремонт пути

К планово-предупредительному ремонту трамвайных путей относится средний ремонт пути — сплошная подъемка и сварочные работы (табл. 37).

Таблица 37

Вид ремонта	Характеристика ремонта
1. Средний ремонт — сплошная подъемка пути с ремонтом верхнего и нижнего строений	Одновременный ремонт верхнего и нижнего строений пути с целью продления срока капитального ремонта на тех участках, которые частично подлежат капитальному ремонту. Ремонт нижнего строения состоит в замене негодных шпал, балласта, костылей с одновременным производством сплошной подъемки пути. Ремонт верхнего строения состоит в переборке рельсов с отрезкой сбитых концов, с вырезкой лопнувших стыков и отдельных участков, сортировкой и реставрацией скреплений, сваркой стыков, наплавкой изношенных мест и выверкой направления пути Средний ремонт возможен при неравномерном износе рельсов, когда часть их не достигла предельного износа. В результате отремонтированный участок восстанавливается и улучшает свое техническое состояние
2. Перекантовка рельсов типа Виньоль	Перекантовка рельсов типа Виньоль производится, когда горизонтальный износ внутренней грани (рабочего канта) имеет неравномерный характер. Одновременно производится ремонт стыков, замена и реставрация скреплений и сварка стыков Данная работа может производиться и как самостоятельная, и в комплексе среднего ремонта (сплошной подъемки пути)

Продолжение табл. 37

Вид ремонта	Характеристика ремонта
3. Ремонт верхнего строения пути наплавкой	Наплавка изношенных мест верхнего строения пути электрической и газовой сваркой: остряков крестовин, стрелочных перьев, пят, рамных рельсов, сбитых концов рельсов в стыках, малого и большого яблок рельсов в кривых
4. Запиловка волнообразного износа рельсов	Запиловка волнообразного износа рельсов как в зачаточном состоянии, так и уже вполне определившегося
5. Сварка стыков	Производство сварки стыков термитом или электро- и газосваркой с целью замены сборных стыков сварными, а также переварка лопнувших сварных стыков
6. Ремонт водоотводных сооружений	Ремонт и замена отдельных секций водоприемных колодцев, замена и ремонт отдельных секций труб, поперечных лотков, дренажной системы, ремонт водоотвода от стрелок

III. Текущий ремонт пути

К текущему ремонту пути относятся работы, указанные в табл. 38.

Таблица 38

Вид ремонта	Характеристика ремонта
1. Частичная замена рельсов	Замена отдельных негодных рельсов и кусков рельсов прямых и кривых
2. Частичная замена оснований	Замена отдельных негодных шпал, частичная замена балласта
3. Частичная подъемка пути	Ямочный ремонт просадок, толчков, перекосов с частичным добавлением или без добавления балласта
4. Постановка контррельсов	Производится в том случае, когда малое яблоко (губка) рельсов Феникс изнашивается раньше полного износа большого яблока (головки) рельсов
5. Замена контррельсов	Замена износившихся контррельсов на протяжении всей кривой и отдельных частей ее, с заменой негодных болтов
6. Постановка отдельных тяг	Производится в том случае, когда имеется уширение пути при наличии износившихся шпал
7. Замена отдельных тяг	Замена оборванных поперечных тяг или тяг с неисправной нарезкой
8. Постановка отдельных накладок	Производится в том случае, когда имеется поперечная трещина или разрыв рельса, осуществляется как временная мера впредь до сварки

Продолжение табл. 38

Вид ремонта	Характеристика ремонта
9. Замена отдельных накладок	Замена лопнувших или изношенных накладок с заменой негодных болтов. Замена накладок на подъемные при неравномерном износе рельсов
10. Ремонт стыков	Перебалчивание накладок, подтягивание болтов, замена негодных болтов, подбивка стыковых шпал, укрепление костылей на стыковых шпалах
11. Замена костылей	Производится при отломе головки или предельном подъедании (боковом износе стержня) костыля
12. Исправление ширины колеи	Производится или перешивкой пути, или регулированием поперечных тяг при несоответствии ширины колеи нормам, в случае неплотного примыкания костылей или заметных на-глаз углах в рихтовке
13. Выверка направления — рихтовка линии	Отдельно от других работ производится, когда направление линии сбито в плане; большей частью производится совместно с другими работами
14. Регулирование ширины желоба между путевым рельсом и контррельсом	Производится, когда ширина жолоба приближается к пределу, или когда от неравномерности размера жолоба начинает появляться неправильный износ путевых рельсов
15. Замена стрелочного пера	Производится, когда перо имеет излом или предельный износ
16. Исправление пучин	Исправление поверхностных и коренных пучин текущим ремонтом в зимний период
17. Перемощение мостовой	Производится в виде временного выправления пути в профиле установкой деревянных карточек и нашпальников. Ремонт ямочных провалов мостовой, а также работы, связанные с путевыми работами текущего ремонта.

§ 138. Организация планово-предупредительного ремонта пути

Все виды планово-предупредительного ремонта разбиваются на две группы:

1) сплошная подъемка пути — средний ремонт,

2) специальные работы — наплавка специальных частей и рельсов, запиловка волнообразного износа, сварка стыков, приварка электрических соединений.

До начала работ каждый объект должен быть снабжен полностью необходимыми материалами и инструментами.

Количество потребных материалов определяется согласно единичным нормам расхода материалов для различных видов работ, а количество инструментов — согласно организации работ и их механизации.

I. Сплошная подъемка пути — средний ремонт пути

Разбивка пути в плане и профиле. Разбивка пути при сплошной его подъемке производится только в том случае, когда направление обоих путей сбито, нарушен профиль, и высоту пути нельзя взять ни с соседнего пути, ни с проезжей части мостовой.

Необходимо произвести разбивку продольного профиля и плана или какую-либо одну разбивку: вертикальную или горизонтальную.

Порядок работ при разбивке тот же, что и при капитальном ремонте.

Разборка мостовой. Организация работ при разборке мостовой для сплошной подъемки пути та же, что и при капитальном ремонте.

Выбойка земли. Выбойка балласта для сплошной подъемки производится вручную и идет вслед за разборкой мостовой.

Выбойка балласта производится полностью или частично в зависимости от необходимости полной замены балласта, когда он сильно загрязнен, или только для возможности выправления вертикального направления пути.

В первом случае выбойка балласта затруднена наличием рельсов и шпал, которые для полной замены балласта нужно удерживать на весу. Для этого под шпалы укладывают деревянные коротыши на расстоянии 3—5 м друг от друга. В остальном организация работ та же, что и при капитальном ремонте.

Замена балласта. После окончания выбойки старого балласта и планировки дна котлована производится засыпка нового балласта. Балласт засыпают слоями до 20 см и утрамбовывают пневматическими или ручными трамбовками между шпалами.

Частичная замена шпал. После засыпки и утрамбовки балласта производится подводка шпал взамен пришедших в негодность. Старые негодные шпалы должны быть расшиты и вынуты до засыпки балласта. При земляных работах, а также при выемке старых шпал большинство шпал окажутся сдвинутыми. Поэтому после подводки новых шпал необходимо проверить расстояния между осями всех шпал. Для возможности подводки отдельных шпал существующие шпалы нужно раздвинуть и потом сдвинуть на старые места.

Если в связи с увеличением нагрузки на путь вызывается необходимость в добавлении количества шпал (уменьшить расстояние между осями шпал), то все шпалы нужно расшить, в отверстия, где были костыли, загнать деревянные пробки, добавить количество шпал, установить шпалы при заданном расстоянии между осями и вновь пришить их.

Переборка рельсов. Перед началом работы должен быть проверен износ лежащих в пути рельсов. Для этого снимают профили рельсов профилографом и определяют, какие рельсы

можно оставить в пути, какие заменить. Заменять нужно рельсы, имеющие износ близкий к предельному. Во всяком случае, нужно рассчитывать на то, чтобы оставленные рельсы прослужили не менее 2—3 лет. Затем необходимо обследовать стыки, установить и отметить, в каких из них нужно обрезать концы, а какие можно отремонтировать и в зависимости от этого организовать работу для обрезки и сдвижки рельсов. Необходимо следить за тем, чтобы сборные температурные стыки были поставлены по угольнику, а остальные — сварить термитом или электросваркой. Степень износа добавляемых рельсов должна, по возможности, соответствовать износу рельсов, лежащих в пути, что устанавливают профилографом.

Ремонт стыков. По всему фронту сплошной подъемки должны быть проверены стыки как сварные, так и сборные. Лопнувшие сварные стыки должны быть переделаны, а сборные переболчены, при необходимости, со сменой накладок и болтов и с постановкой шайб Гровера.

Исправление колеи. Перед отделкой пути на всем его протяжении должна быть проверена колея. Исправление неправильной колеи производится или регулировкой тяг, или перешивкой пути. При перешивке пути в старые отверстия для костылей должны быть забиты пробки и залиты креозотом.

Отделка пути. После проверки технического состояния остающихся частей пути (рельсы, скрепления, шпалы) и исправления их производится отделка пути, состоящая из следующих операций:

1) подъемка пути предварительная,
2) подштопка пути,
3) подбивка пути предварительная,
4) рихтовка пути предварительная,
5) подъемка пути окончательная,
6) подбивка пути окончательная,
7) рихтовка пути окончательная,
8) выверка пути.

Порядок этих работ и организация их должна быть такой же, как и при капитальном ремонте.

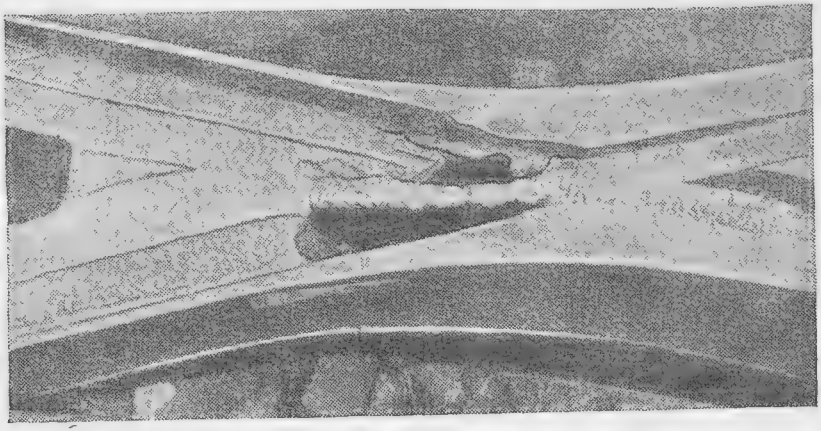
Замощение путей. Замощение пути после сплошной подъемки должно производиться так же, как и при капитальном ремонте, и организация этих работ не должна отличаться от организации капитального ремонта.

Перекантовка рельсов Виньоль. В том случае, когда рабочий кант рельсов Виньоль имеет неравномерный горизонтальный износ, необходимо рельсы перекантовать. Для этого после расшивки рельсы перемещают, ставя одну нитку на место другой. Перекантовывать можно рельсы любой длины. В этом случае сварка стыков производится после перекантовки и может быть применен комбинированный способ сварки.

Стыки рельсов при перекантовке плетьми необходимо обработать (запиловкой или переборкой).

Наплавка специальных частей и рельсов. Наплавку специальных частей и рельсов можно выполнять электросварочными агрегатами или кислородно-ацетиленовой сваркой. Предпочтительнее наплавка электросварочными агрегатами.

Ремонт крестовин электронаплавкой. Электронаплавкой крестовин должны быть исправлены повреждения, получившиеся в результате износа крестовин и выражающиеся, главным образом, в выкрашивании острия крестовины; выкрашивании



Фиг. 219. Износ литой крестовины.

наката жолоба; смятии острия крестовины; истирании острия крестовины; горизонтальном износе рельсовых головок у острия крестовины.

На фиг. 219 дана сильно запущенная крестовина, которую трудно исправить наплавкой.

Работа при ремонте крестовин электронаплавкой разбивается на следующие операции: 1) осмотр крестовины и определение ее износа; 2) обрубка наплывов, заусенцев, вырубка трещин, раковин и плен; 3) разметка границ наплавки; 4) очистка поверхности от грязи и ржавчины; 5) определение высоты и ширины слоя наплавки для каждой части крестовины; 6) наплавка с проковкой; 7) шлифовка наплавленных поверхностей; 8) проверка правильности произведенной наплавки.

Все подготовительные работы должны быть произведены заблаговременно, чтобы не задерживать электронаплавки и полнее использовать электросварочный агрегат.

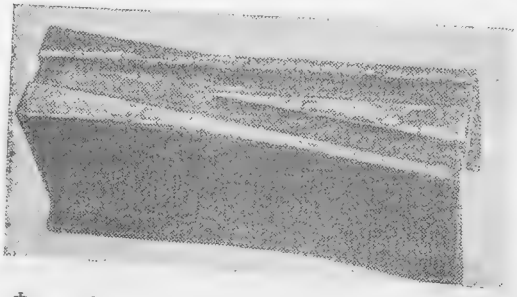
После осмотра и определения износа крестовины производят подготовку места наплавки: обрубают зубилом наплывы, заусенцы, вырубают трещины, раковины и плены, чтобы в лю-

бом месте поверхности была возможность проникания дуги электрода.

В случае загрязненности места наплавки рекомендуется тщательно отшлифовать его для удаления ржавчины, смятого металла с закатанными инородными телами (например, песком) на глубину до здорового металла.

После этого отшлифованную поверхность нужно очистить металлической щеткой.

Закончив подготовительные работы, следует определить величины неравномерного износа отдельных сечений крестовины, границы и величину наплавки.



Фиг. 220. Отремонтированный наплавкой остряк крестовины.

Наплавку требуется вести швами шириной не больше 30 мм и длиной не более 100 мм. При потребности в большей наплавке швы нужно налагать вразбежку. Не разрешается наращивать несколько швов по высоте один за другим до полной наплавки первого слоя.

После наплавки, для выжимания из металла шлаков и газовых пузырей и получения более ровной поверхности, производят при температуре красного каления проковку.

После окончания электронаплавки все наплавленные поверхности нужно тщательно осмотреть: наружные раковины, непровары и шлаковые включения должны быть устранены вторичной наплавкой с соответствующей разделкой.

После этого производят шлифовку наплавленных поверхностей корундовым кругом.

Отремонтированный наплавкой остряк крестовины показан на фиг. 220.

Наплавка крестовин целесообразна при износе до 10 мм по высоте, или при наличии отдельных раковин или трещин длиной 20—30 мм, так как при значительных объемах местного нагрева внутренние напряжения в металле вредно отразятся на качестве наплавки. Поэтому, нельзя допускать сильного износа крестовин, а наплавлять их тогда, когда еще износ незначительный; это повысит срок их службы.

Перед наплавкой в крестовине должны быть укреплены все стыки, и сама крестовина тщательно подбита.

Ремонт сбитых стыков электронаплавкой

Работа при наплавке концов рельсов разбивается на следующие операции: 1) осмотр стыка и определение износа выбоины; 2) подогрев стыка; 3) очистка поверхности от ржавчины и грязи;

4) наплавка; 5) шлифовка стыка; 6) проверка правильности произведенной наплавки.

После осмотра и определения износа стыка и необходимой наплавки производится подогревание стыка специальной жаровней, затем места наплавки тщательно очищают металлической щеткой, и сварщик немедленно приступает к наплавке.

Наплавку ведут по всей ширине головки рельса в направлении от конца рельса к середине, или накладыванием четырех швов на головке, перекрывающих один другой.

Наплавка производится на стыках, имеющих износ от 2 мм и более, и должна быть выполнена на полную длину износа стыка.

После наплавки стык шлифуют, причем наплавленный металл стачивают в уровень с поверхностью рельса. Правильность шлифовки проверяют линейкой.

Перед электронаплавкой стык должен быть тщательно отремонтирован (переболчен, подбит, выровнен).

Ремонт стрелок электронаплавкой

Электронаплавкой стрелок должны быть исправлены повреждения, получившиеся в результате износа отдельных частей стрелок и выражающиеся, главным образом, в: износе стрелочного пера по высоте; горизонтальном износе стрелочного пера; износе рамных рельсов и контррельсов; местных выбоинах и смятии отдельных частей.

Работа при наплавке разбивается на следующие операции: 1) осмотр стрелок и определение износа отдельных ее частей; 2) обрубка наплывов, заусенцев, вырубка трещин, раковин и плен; 3) очистка поверхности от ржавчины и грязи; 4) разметка границ и величины наплавки; 5) наплавка; 6) шлифовка наплавленных поверхностей; 7) проверка правильности произведенной наплавки. Наплавку нужно начинать со стрелочного пера, как наиболее ответственной детали стрелки, затем переходить к наплавке рамных рельсов, а уже потом и остальных частей.

Фиг. 221. Отремонтированная наплавкой литая стрелка.

Отремонтированная наплавкой литая стрелка показана на фиг. 221.

Способы наплавки те же, что и при ремонте крестовин.

Прочий ремонт электронаплавкой

Кроме перечисленных основных видов электронаплавки, этим способом могут быть произведены исправления отдельных недостатков в рельсах (местные выбоины, смятые места, трещины) и, кроме того, наплавка малого или большого яблока (губки или головки) рельсов на кривых при неравномерном их износе, когда остальная часть рабочей поверхности головки рельса еще не имеет значительного износа.

Порядок организации работ и способы работы те же, что и описанные выше.

Ремонт пути газовой наплавкой

Пользоваться кислородно-ацетиленово-автогенной сваркой для ремонта пути можно лишь в случае отсутствия электросварочных агрегатов.

Кислород на место работ доставляют в баллонах; ацетилен может быть также доставлен в баллонах или получен на месте работ в специальном газогенераторе.

Газовая наплавка, в основном, производится двумя способами: наплавки ваннами или наплавки швом.

Способ наплавки ваннами заключается в том, что на поверхности обрабатываемого предмета расплавляется металл, образуя ванну площадью, примерно, около 4 см². В эту ванну вводят конец присадки, где она расплавляется. Отдельные ванны должны перекрывать друг друга.

Способ наплавки швом заключается в том, что поверхность наплавляется отдельными швами, перекрывающими друг друга на 1/3 ширины.

Высота наплавляемого слоя не должна превышать 4 мм. При потребности в слое большей толщины наплавку ведут в два и более слоев.

III. Запиловка волнообразного износа

Борьбу с волнообразным износом рельсов нужно начинать в момент зарождения этого явления.

Нельзя допускать, чтобы рельсы выбывали из строя до получения предельного вертикального износа по причине значительного волнообразного износа, так как запиловка волны значительной высоты (выше 2 мм) не дает заметных результатов.

Волнообразный износ уничтожают специальными машинами, запиливающими волны при помощи брусков, или пил, или карборундовых кругов (фиг. 222).

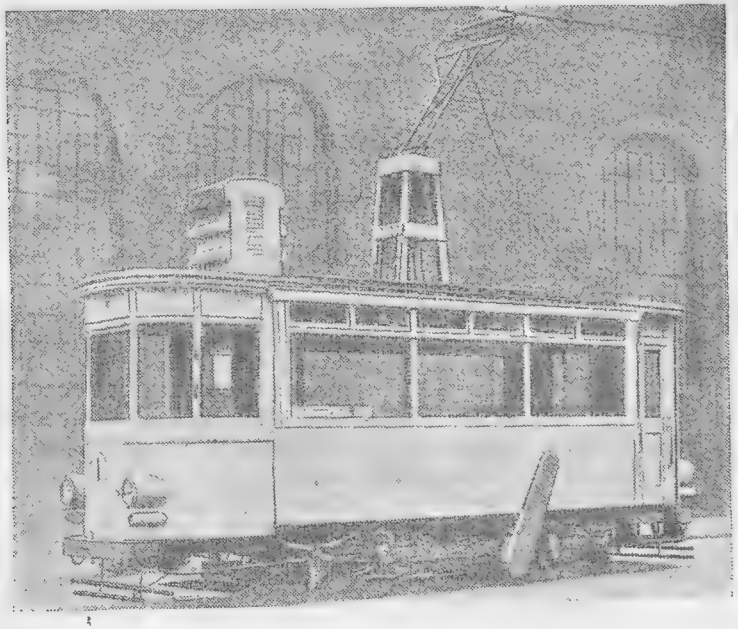
Из машин для запиловки волнообразного износа предпочтительна конструкция, основанная на поступательно-колебательном движении брусков.

Запиливать нужно одновременно обе рельсовые нитки, хотя износ ниток может быть и различным.

Перед запиловкой рельсовый путь должен быть укреплен.

IV. Сварка стыков термитом

Большинство стыков в трамвайной сети в настоящее время собрано на накладках. Имеются отдельные линии, на которых сварных стыков вообще нет, или большое количество их при капитальном ремонте или укладке линий не было выполнено, так как сварка производилась по 2—4 звена рельсов. Пропущенные стыки в дальнейшем не сваривали, а собирали на накладках.



Фиг. 222. Общий вид вагона для запиловки волнообразного износа.

Сборные стыки, за которыми не осуществляется необходимого надзора и не проводится периодического ремонта, затрудненного наличием мостовой, быстро приходят в расстройство, ухудшают общее состояние пути и благоустройство города. Поэтому часто вызывается необходимость в производстве сварки стыков рельсов термитом в существующих путях.

Сварку в таких случаях нужно вести способом промежуточного литья (расплавления).

Этот способ можно применять для сварки: рельсов с неправильно обрезанными торцами, нефрезерованных, лопнувших с изломом, близким к прямому углу, литых рельсов, стрелок, крестовин и литых и сборных пересечений.

V. Приварка электрических соединений

Периодически нужно проверять электрическое сопротивление рельсовых стыков.

По данным таких периодических проверок неисправные в электрическом отношении рельсовые стыки нужно исправлять в плановом порядке приваркой электрических соединений.

Приварка электрических соединений может производиться как электросварочными агрегатами, так и газовой (автогенной) сваркой. Предпочтительнее производить приварку электросоединений электросварочными агрегатами.

§ 139. Основные принципы текущего содержания пути

Имеются две системы поддержания пути в исправном состоянии: система текущего ремонта и система текущего содержания пути.

Система текущего ремонта заключается в том, что путь назначается в ремонт только тогда, когда та или иная его неисправность начнет превышать установленный «предел допуска». Фактически ремонт назначался только тогда, когда превышение установленного предела переходило границы и начинало угрожать безопасности движения. Кроме того, при этой системе считалось, что появление на пути таких неисправностей — нормальное и неизбежное явление, с которым можно бороться только исправлением этих недостатков. Текущий ремонт сводился к узкому ремонту отдельных недостатков пути, и часто в целом путь ослаблялся, а не укреплялся. Например, если на пути появился толчок (местная просадка) пути, поднимали просевшие шпалы и толчок, действительно, ликвидировали, но ненадолго. Вместо одного толчка появлялись два, так как при подъемке одиночных шпал соседние шпалы отрывались от балласта, под ними появлялась пустота, которая при динамическом воздействии подвижного состава увеличивалась, образуя вместо одной местной просадки две. Или, например, если причиной просадки была вода, застаивающаяся в основании пути, то просадку ликвидировать только подъемкой и подбивкой шпал нельзя. Такой ремонт будет действителен только до первого дождя, который увеличит просадку, и путь ослабится, а не укрепится.

Хороший уход за путем значительно влияет на его состояние. Путь будет хорошим при наличии хорошего ухода даже в том случае, когда состояние пути не вполне удовлетворяет техническим требованиям.

Действительно, хорошим путь может быть только в том случае, если он в каждый данный момент будет содержаться в полном соответствии с установленными для него нормами, а отступление от них в пределах установленных допусков будут наблюдаться лишь как редкое и случайное исключение. Однако, такое состояние может быть достигнуто только изменением системы текущего ремонта.

В противоположность системе текущего ремонта в настоящее время проводится система текущего содержания пути. Эта система предусматривает необходимость недопущения появления неисправностей, предупреждение их появления, изучение причин и призна-

ков, которые влияют на появление неисправностей пути, и своевременное их устранение.

Принцип предупреждения появления неисправностей, на котором построена вся система текущего содержания пути, требует проведение мер, направленных к устранению причин, которыми вызываются неисправности, а это, в свою очередь, требует постоянного, внимательного и тщательного изучения пути со всем комплексом его устройств и принадлежностей и сознательной оценки и понимания происходящих в них явлений и их зависимости.

Текущее содержание устраняет отдельные недостатки пути при самом их зарождении, не ожидая пока они превратятся в неисправности, и тем сводит к минимуму износ элементов пути и подвижного состава, а следовательно, и расходы на содержание пути и подвижного состава и на восстановление и смену отдельных их элементов.

Система текущего содержания пути пока полностью на всех трамвайных предприятиях не осуществлена, но опыты проведения этой системы, например, на Московском трамвае показывают весьма значительные ее преимущества.

§ 140. Задача текущего содержания пути

Текущее содержание пути, осуществляемое бригадами ремонтных рабочих, мостовщиков, уборщиков линии, посыпщиков уклонов, стрелочников и слесарей для ремонта стрелок под руководством начальников участков и путевых и линейных бригадиров, должно постоянно поддерживать безопасность и непрерывность движения поездов и плавный ход их с наибольшими установленными для них скоростями.

Такой задаче может отвечать лишь хороший путь, все элементы которого в полной мере соответствуют установленным нормам.

Содержание пути в хорошем состоянии требует: непрерывного и тщательного изучения причин возникновения неисправностей пути; систематических и тщательных осмотров и проверок линейными путевыми работниками состояния пути в пределах их участков и детального знания характерных особенностей поведения пути на них; сознательного и технически правильного определения линейными работниками причин, вызывающих всякого рода расстройства пути, и их взаимную зависимость; направления основных усилий на проведение, в первую очередь, мероприятий, предупреждающих и предотвращающих возможность образования и накопления неисправностей, на устранение причин, вызывающих эти неисправности; своевременного определения момента, когда нужно приступить к устранению накапливающихся деформаций в отдельных элементах пути, чтобы они не перешли в неисправности пути; немедленного принятия мер к устранению по тем или иным причинам уже образовавшихся неисправностей пути.

Обнаружить неисправность пути (просадку, уширение, разбитый стык), которая уже образовалась, легко, и путевые работники привыкли и умеют это делать.

Во-время же заметить начало отклонения какого-либо элемента пути от его нормального состояния, определить причины таких отклонений, во-время приостановить накопление причины таких отклонений (деформаций) и предупредить появление новых расстройств, т. е. уметь образцово содержать путь, — дело более сложное. Для этого требуется отлично знать пути на своем участке, осуществлять непрерывный надзор за состоянием пути, заранее предвидеть, что может быть, если во-время не прекратить накопления деформации, а также технически правильно определить порядок и способы работ по плану и в определенной системе.

Такая работа может проводиться только при высокой технической подготовленности путевых работников.

§ 141. Причины расстройства пути

Существующие конструкции трамвайного пути создают достаточную прочность для беспрепятственного обращения по нему современного подвижного состава с наибольшими допускаемыми скоростями, однако, отдельные элементы пути после прохода каждого поезда не возвращаются точно в свое исходное положение и во многих из них остаются незаметные нарушения первоначального их расположения и состояния (осадка балласта под шпалой, смятие древесины шпалы под подкладкой, отжим костылей, ослабление гаек стыковых и других болтов, разуклонка рельсов).

Эти, незаметные вначале, отклонения (деформации) с течением времени постепенно накапливаются, растут и, если своевременно не принять меры к их устранению, превращаются в неисправности пути (толчки, просадки, уширения). В отдельных случаях, при запущенности, такие отклонения могут привести к более серьезным расстройствам пути (лопнувшим стыкам и рельсам, большим просадкам, перекосам, уширениям), создающим непосредственную угрозу безопасности движения поездов.

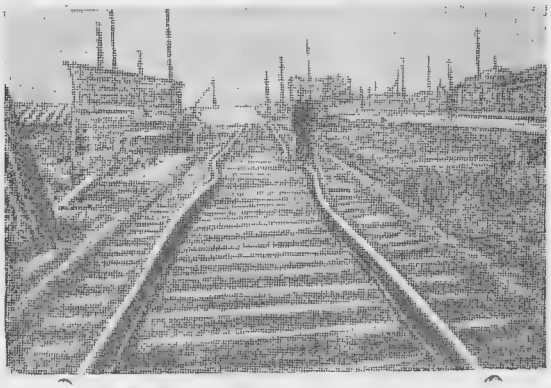
Всякого рода атмосферные воздействия: вода, мороз, жара, усиливают и ускоряют зарождение отдельных деформаций, их накопление и рост.

Дождевая вода, не имея правильного отвода с пути, проникает под верхнее покрытие, под шпалы и на земляное полотно.

Вода расслабляет земляное полотно, лежащий на нем балластный слой втапливается в него, и путь в этом месте получает просадку.

Вода, попадая под подошву шпалы под влиянием прогибов рельсов, от сменяющихся нагрузок проходящих поездов, подвергается попеременно то вдавливанию под шпалы, то засасыванию из под них, действует на балластный слой как насос, вымывает, загрязняет и разрушает его и вызывает на пути резкие толчки.

Перемена температуры резче всего выражается в температурных изменениях рельсов, в их удлинении и сжатии. Эти темпера-



Фиг. 223. Выпирание пути от действия температуры в жару.

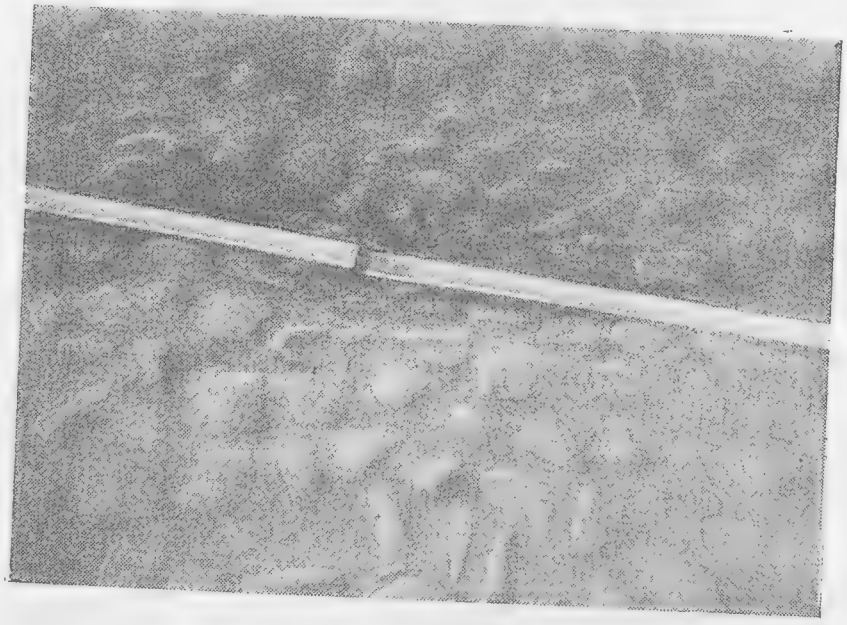
турные изменения, если своевременно не будут приняты предупредительные меры, могут также служить причиной и источником

Фиг. 224. Пучины на трамвайных путях зимой.

постоянных и резких расстройств пути, искривления и выпирания пути в жару (фиг. 223) и разрыва рельсовых ниток в морозы.

Действие мороза на неотведенную из балластного слоя и земляного полотна воду может вызвать образование балластных и грунтовых пучин и внести сильные расстройства в общее состояние пути и верхнего покрытия. Особенно резко такие расстройства проявляются зимой при росте пучин (фиг. 224) и весной при их осадке.

Неудовлетворительный ремонт пути и недостаточное устранение расстройств отдельных его элементов не в меньшей степени,



Фиг. 225. Разбитый стык.

чем воздействие на путь подвижного состава, атмосферных осадков и температуры, вызывает и ускоряет появление и накопление в нем отдельных неисправностей и общих расстройств.

Плохо или технически неграмотно исправленный недостаток (дефект) пути быстро образуется вновь и требует повторного ремонта.

Например, если разбитый и разболченный стык (фиг. 225) ремонтировать только подбалчиванием, а не укрепить его и не наплавить выбоину, то стык быстро опять расстроится, и нужно будет повторять ремонт.

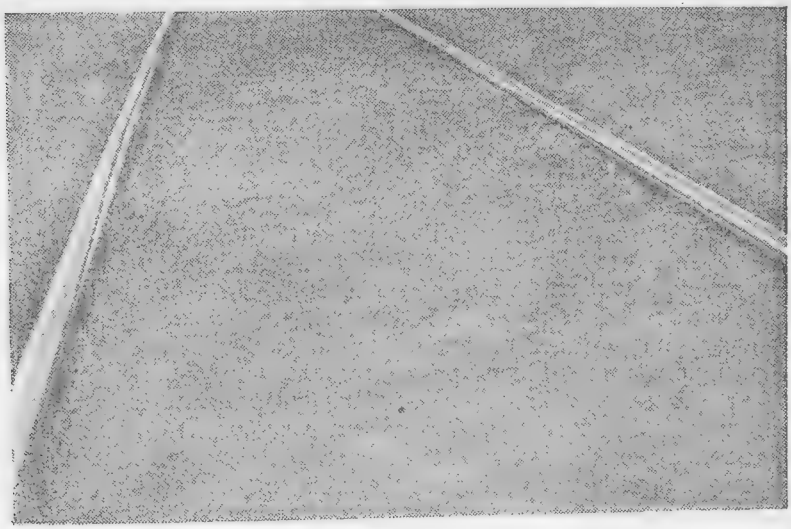
Таким образом, основные недостатки, вызывающие неисправности и расстройства пути, следующие: внешние силы от воздействия на путь колес подвижного состава; внутренние силы от воздействия температуры; атмосферные осадки; неудовлетворительный и неправильный ремонты пути.

§ 142. Признаки расстройства пути

Признаками начинающегося расстройства пути служат:

а) для неисправности в стыках — появление стука и увеличенная осадка концов рельсов или всего стыка при проходе колес подвижного состава, сопровождаемая расстройством мощения вокруг стыка;

б) для толчков и просадок пути — ощущение толчка или прижатие вагона в какой-либо нитке рельсовой колеи с увеличенной осадкой отдельных мест этой нитки при проходе колес подвижного состава; это явление также сопровождается расстройством



Фиг. 226. Горизонтальный шахматный износ рельсов.

мощения вдоль таких мест, преимущественно ленточных рядов штучных камней или кромки прилегающего к рельсу асфальта; такие места особенно резко выявляются спустя некоторое время после дождя, оставаясь сырыми в то время, как вся мостовая в других местах уже подсохнет;

в) для местных уширений — наличие отжатия песчаной засыпки пути при открытых путях, или мощения от путевого рельса в виде щели вдоль рельса снаружи колеи;

г) для рихтовки — виляние вагона при движении и видимые на-глаз отклонения в обычно непрерывной ровной блестящей поверхности верха головки рельса; броски вагона из стороны в сторону часто вызываются местными просадками, или же горизонтальным шахматным износом рабочих граней головок рельсов (фиг. 226), не всегда указывая на искажение рихтовки.

При обнаружении искажения рихтовки необходимо установить причину явления, имея в виду, что оно происходит от:

а) недостаточной величины стыковых прозоров в температурных стыках;

б) местных уширений, просадок или перекосов пути;

в) сдвига пути односторонним автодвижением, или угона пути при пересечениях с железнодорожными путями.

Здесь даны признаки, свойственные начальным стадиям расстройств пути, когда они еще мало заметны на-глаз и недостаточно полно могут быть выявлены измерениями посредством путевых шаблонов или других инструментов.

§ 143. Осмотр и проверка пути

Осмотр и проверку пути производят с таким расчетом, чтобы состояние пути и всех путевых устройств находилось под непрерывным надзором и систематической проверкой в соответствии с порядком и сроками, указанными в табл. 39.

При осмотре и проверке пути пользуются измерительными инструментами, контрольным шаблоном, уровнем, профиломерами и другими инструментами.

Кроме того, начальник службы пути составляет график проверки пути путеизмерительной тележкой системы Долгова или другого типа, или путеизмерительного вагона.

Путеизмерительная тележка системы Долгова (фиг. 227) автоматически записывает состояние пути по шаблону (ширина колеи) и уровню (превышение одной нитки над другой). Приемниками ширины колеи для рельсов железнодорожного типа служат два стальных ролика на вертикальных осях, прижимаемые двумя пружинами к головкам рельсов изнутри колеи. Для рельсов Феникс эти ролики заменены маленькими колесиками, катящимися по рельсу, с ребордами, прижимаемыми пружинами к рабочему канту рельсов, и сумма раздвижки их при помощи тяги и рычагов передается карандашу. Приемниками возвышения одного рельса над другим служат два маятника, соединенные тягой, передающие отклонения карандашу.

Пишущий прибор состоит из трех валиков, движение которым передается от передней оси тележки. Запись получается в определенном вертикальном и горизонтальном масштабах, поэтому можно без затруднений, отмечая на ленте (фиг. 228) условные определенные места, определить место расположения неправильностей пути.

Измерительные контрольные приборы и инструменты нужно периодически проверять по эталонам и ставить клеймо с указанием даты проверки. Периодичность проверки устанавливает служба пути в зависимости от состояния пути.

Цель осмотра и проверка состояния пути и путевых устройств:

1. Выявить такие неисправности, которые опасны для движения трамвайных поездов и требуют немедленного исправления. Участки должны быть ограждены сигналами остановки или тихого хода. Одновременно должны быть приняты немедленные меры к исправлению неисправностей.

Таблица 39

Должность ответственного лица	Объект осмотра и проверки	Сроки осмотра и проверки	Способ передвижения	Запись о результатах проверки
1. Путевой обходчик	Прикрепленный участок	По графику, утвержденному нач. дистанции	Пешком	В суточном рапорте отмечаются недостатки, отдельно исправленные и требующие исправления
2. Слесарь ремонта стрелок	Прикрепленные стрелки	По графику, утвержденному нач. дистанции	Пешком по узлам и на трамвае между узлами	То же
3. Путевой бригадир	Прикрепленный участок отделения	Осмотр ежедневно, сплошная проверка не реже одного раза в декаду по графику	Пешком	В книгу осмотра и проверки пути
4. Дорожный мастер	Прикрепленный участок дистанции	Осмотр и проверка опасных мест ежедневно. Сплошная проверка один раз в декаду, совместно с путевым бригадиром, по графику	Осмотр с передней площадки вагона и пешком; проверка пешком	То же
5. Начальник дистанции	Дистанция	По лично составленному графику, но не реже двух раз в месяц, осмотр всей дистанции и проверка на выдержку	Осмотр с передней площадки вагона и пешком; проверка пешком	То же
6. Инспектор-ревизор службы пути	Прикрепленная дистанция	По утвержденному графику нач. сл. пути и по отдельным его заданиям	Пешком и с передней площадки вагона	В книгу осмотра и проверки пути
7. Начальник службы пути	Вся сеть пути	По лично составленному графику из расчета не менее 30% служебного времени на осмотре и проверке на выдержку	По усмотрению	В книгу осмотра и проверки пути. Устное распоряжение нач. дистанции

2. Выявить другие неисправности пути и путевых устройств, требующие, в предупреждение их дальнейшего увеличения, немедленного или в порядке определенной очередности устранения.

3. Дать исходный материал для определения потребности в ремонте пути при составлении планов работ.

Осмотром пути и его проверкой устанавливают:

1) ширину колеи пути и стрелок (уширение, сужение);

2) состояние пути по уровню (превышения, просадки, перекосы);

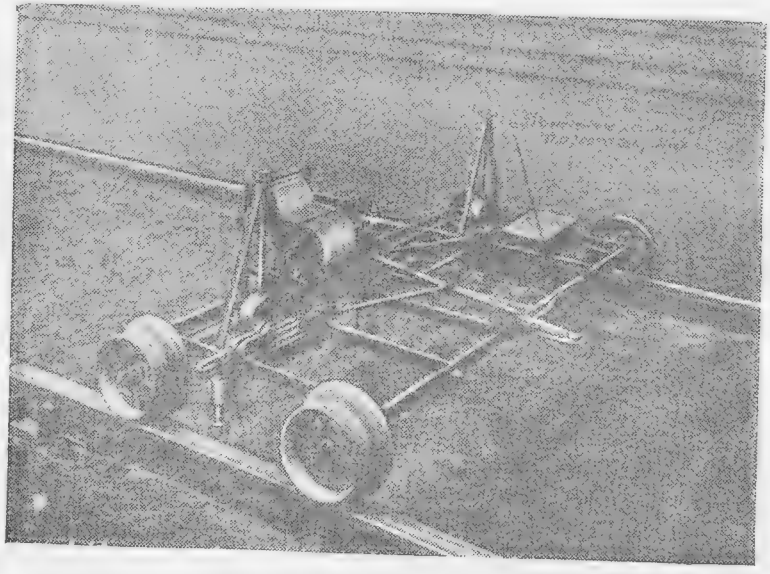
3) размеры желобов между рельсами и контррельсами в кривых;

4) наличие в пути лопнувших рельсов и сварных стыков;

5) наличие в пути разбитых сборных стыков, а также стыков, вызывающих толчки;

6) наличие в пути специальных частей с лопнувшими деталями или имеющих трещины в деталях (перьях, рамных рельсах);

7) состояние путевых и стрелочных тяг, замыкателей, плотность прилегания стрелочных перьев к рамным рельсам, состояние корневого крепления стрелок;



Фиг. 227. Путеизмерительная тележка системы Долгова.

8) состояние температурных прозоров в рельсовых стыках и в компенсаторах на мостах;

9) неисправность в общем состоянии пути в прямых и кривых участках и в узлах (резких просадок, потайных толчков, перекосов, сбитой рихтовки);

10) неисправности в состоянии верхних покрытий;

11) степень засоренности и необходимость прочистки дренажей и других водоотводных устройств;

12) тщательность очистки путей, желобов рельсов и специальных частей от грязи, мусора, снега, льда;

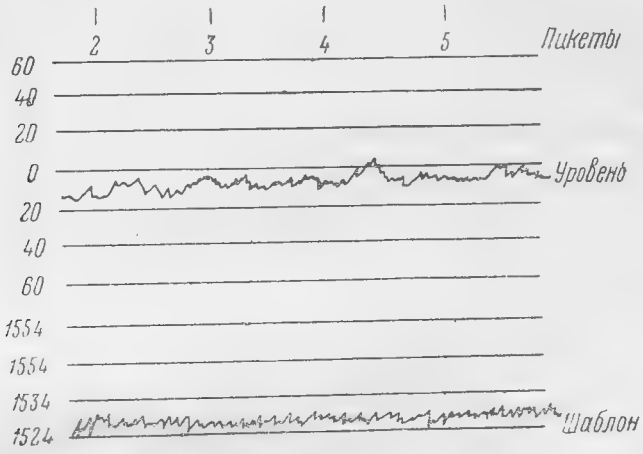
13) отсутствие или неисправность электрических соединений;

14) качество смазки кривых.

Кроме систематического осмотра и проверки пути, периодически проверяется также состояние всех кривых и специальных частей в плане с точки зрения соответствия их проектным эпюрам,

а также состояние искусственных сооружений, земляного полотна, кюветов, водоотвода.

На основании данных осмотра и проверки пути производится оценка технического состояния пути отделений, участков, дистанций. Обычно оценка содержания пути, определяемая его техническим состоянием, производится раз в месяц. Неисправности



Фиг. 228. Запись на ленте путеизмерительной тележки Долгова.

пути штрафуются баллами, количество которых тем больше, чем опаснее для движения данная неисправность. Сумма баллов, падающая на 1 км пути, определяет техническое состояние пути, которое расценивается как отличное, хорошее, удовлетворительное или неудовлетворительное.

§ 144. Организация текущего содержания пути

Осуществление текущего содержания пути и путевых устройств производится непосредственно рабочим отделением участка дистанции, имеющим протяжение в среднем 5—7 км одиночного пути.

Величина отделения устанавливается в зависимости от состояния пути, интенсивности движения, конструкции пути и других условий.

За рабочим отделением закрепляется путевой бригадир и определенный численный состав рабочих для текущего содержания пути, ответственных за исправное содержание пути на этом участке. Заработная плата их строится на том принципе, чтобы путь находился в хорошем состоянии, и это состояние улучшалось, в соответствии с чем повышался бы и заработок бригады.

Для каждого участка устанавливаются технические нормы потребного объема работ для текущего содержания 1 км пути. На основе этих норм устанавливается численный состав бригад текущего содержания пути. В среднем можно считать потреб-

ность рабочих на текущее содержание пути 0,6—1,4 годового рабочего на 1 км одиночного пути.

В распоряжение путевого бригадира выделяются путевые инструменты и инвентарь, а также и материалы, причем должен быть создан неприкосновенный покилометровый запас материалов.

Порядок работы бригад текущего содержания пути устанавливается следующий:

1. Путевой бригадир совместно с дорожным мастером участка ежедекадно производит сплошную проверку пути отделения, отмечает неисправности, выявляет причину их образования, и составляет декадный календарный график работ, подлежащих выполнению путевой бригадой.

2. Путевая бригада первые 2—3 дня устраняет неисправности, угрожающие безопасности движения, а в течение последующих дней на всем отделении по составленному графику производит замену и укрепление отдельных частей пути, а также работы предупредительного порядка.

§ 145. Предупреждение появления неисправностей пути и преждевременного износа отдельных элементов и продление срока их службы

Умение во-время заметить начало расстройства пути, и принятые профилактические меры предупреждают развитие этого расстройства до состояния неисправности пути.

Содержанию стыков уделяют особое внимание. При появлении начальных признаков расстройства стыков надо немедленно осмотреть их и принять необходимые меры для укрепления: подвернуть гайки, заменить болты со сработанной резьбой, сменить лопнувшую накладку. При этом, во всех случаях необходимо подбивать стыковые шпалы. Если и после этого ненормальный стук в стыке не прекратится, значит, стык разбит и его нужно наплавить в пониженном месте, которое определяется или на-глаз или посредством прикладывания поверху головки рельсов стальной линейки длиной около 600—700 мм. После наплавки стыка обязательна шлифовка верха и рабочего канта рельса.

При сильном расстройстве стыка — значительной разработке рельсовых пазух для накладок или в том случае, когда наплавка рельса должна быть более 5—6 мм, а также при ремонте лопнувших сварных стыков, стык вырезают и на его место вставляют кусок рельса.

Если в каком-либо месте пути будет установлено появление толчков или просадок, необходимо немедленно их исправить. Так как основные причины их появления заключаются в неисправности земляного полотна, то весьма важно:

а) в закрытых и открытых путях содержать в полной исправности и систематически очищать от грязи и мусора все водоотводные устройства;

б) верхнее покрытие как путей, так и непосредственно вблизи их содержать в полной исправности, при таком профилировании

мощения, чтобы вода со смежных с путем площадей не попадала на путь;

в) в открытых путях поддерживать правильность планировки поверхности балласта и регулярно срезать обочины земляного полотна для придания им обратного от пути уклона.

Если при исправлении пути будет обнаружена под подошвами шпал уплотненная загрязненная корка или заполнение грязью пустот в щебне, балласт надо заменить свежим.

Причиной повторного появления просадок пути после ремонта служит попадание в это место воды. В этом случае, помимо устранения просадок, надо исправить дренаж, если он имеется, или преградить воде доступ к пути. Своевременное исправление просадок очень важно, так как они вызывают появление и быстрый рост бокового шахматного износа головок рельсов на прямых.

Местные уширения пути обычно появляются в результате развинчивания гаек путевых тяг или обрыва одиночных тяг. Поэтому, как только такие места пути будут обнаружены, необходимо проверить состояние тяг и принять нужные меры. Одновременно проверяют состояние забивки костылей и при наличии отжима их перебивают с предварительной постановкой пробок или пластинок-закрепителей.

Для продления срока службы элементов пути необходимо принимать меры при укладке пути, а частично в процессе эксплоатации.

Балластный слой:

а) при подъемке пути не пускать в дело загрязненного балласта;

б) при смене шпал, устранении толчков, просадок и перекосов весь наличный загрязненный балласт удалять, заменяя его свежим.

Шпалы:

а) при укладке пути не допускать повреждения шпал ударами ломов, кирок, кувалд; для костылей просверливать отверстия и заливать их креозотом или мазутом;

б) при перешивке пути или использовании шпал, бывших в деле, зачищать заусенцы, промазывать зачищенные места креозотом, а в старые костыльные дыры забивать пробки, пропитанные креозотом; более целесообразно применение пластинок-закрепителей — пробок меньшего размера, располагаемых по длине шпалы, с учетом, что старая костыльная дыра будет частично вновь заполнена костылем.

Кроме того, при использовании шпал, бывших в деле, целесообразна поперечная, по отношению к пути, их сдвижка с тем, чтобы рельс частично или полностью укладывался на новое место шпалы.

Рельсы:

а) при выгрузке и складывании рельсов не бросать их друг на друга и на мостовую; при передвижке не ударять по рельсам кувалдами;

б) в стыках при первоначальной сборке и в последующих ремонтах не применять изношенных или треснувших накладок, сработанных болтов, а под гайки ставить шайбы Гровера;

в) следить за правильной постановкой и своевременной регулировкой ширины жолоба между путевым рельсом и контррельсом на кривых, уложенных рельсами Виньоль, особенно в кривых малых радиусов, и за своевременной и регулярной смазкой рельсов в кривых.

Скрепления:

а) не загонять болты в отверстия накладок ударами молотка, а выправлять расположение дыр в рельсе и накладках оправками;

б) не употреблять для завертывания гаек ключей с рукоятками большей, чем установлено длины (при болтах диам. 22 мм — длиной 55 см и диам. 25 мм — длиной 75 см);

в) хорошо смазывать нарезку болтов и путевых тяг при постановке их в путь;

г) не изгибать костылей при их забивке.

§ 146. Нормы допусков при содержании пути

Построенный или капитально отремонтированный трамвайный путь при приемке его во всем должен соответствовать техническим условиям.

В процессе же эксплоатации трамвайного пути, в результате работы под действием подвижного состава и от других причин, получается во всех его частях определенный износ и отклонения от норм, принятых правилами технической эксплоатации.

Предел этих отклонений должен давать гарантию бесперебойности движения и не превышать величин допусков, указанных в табл. 40.

§ 147. Организация текущего ремонта пути

К текущим ремонтным работам относятся такие, при которых производится замена единичных элементов верхнего строения и оснований и устраняются неисправности, возникающие в этих элементах и в пути в целом (просадки, толчки, уширения, искажения рихтовки, пучины).

Частичная замена рельсов

Перед производством работ рельсы должны быть подготовлены к укладке. В новых рельсах, укладываемых в количестве больше звена, должны быть просверлены отверстия для стыковых болтов и по одной нитке для тяг. Рабочие должны быть снабжены необходимыми материалами (накладками, болтами, тягами, костылями). В зависимости от объема работа может быть выполнена сразу в одну ночь или постепенно в 2—3 ночи. В последнем случае стыки, соединяющие новые рельсы со старыми, собирают на подъемных накладках, или временно укладывают переходные сва-

Таблица 40

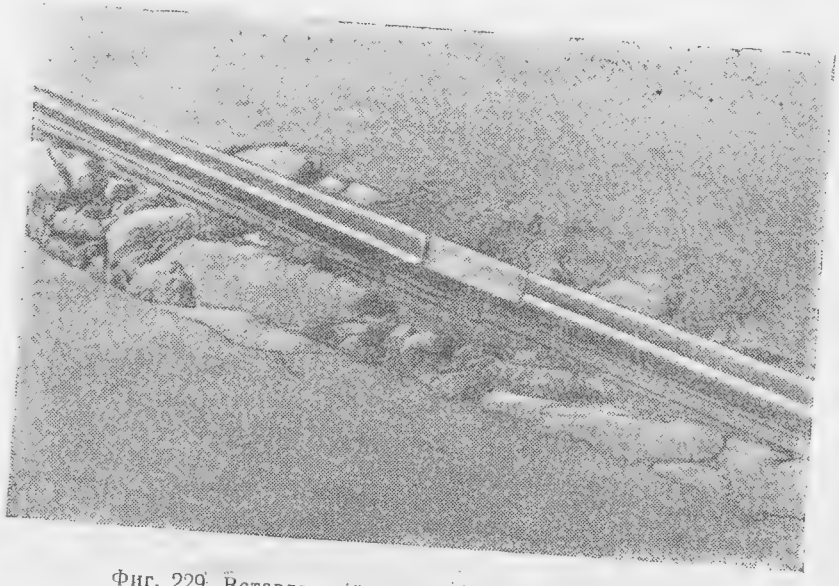
Наименование путевой конструкции, материала или измерения	Норма допуска
Ширина колеи на прямых	+ 10 мм — 2 „
Ширина колеи на кривых	+ 10 „ — 2 „
Превышение одной нитки над другой на прямых	± 20 „
То же на кривых радиусом до 150 м	± 10 „
То же на кривых радиусом более 150 м	± 20 „
Просадка обеих ниток пути	± 20 „
Перекос пути (минимальное расстояние между просадками рельсовых ниток)	< 8 м
Ширина жолоба между рельсом и контррельсом	+ 20 мм — 5 „
Превышение контррельса над ходовым рельсом	15 „
Зазор между торцами рельсов в стыке	+ 5 „
Превышение одного рельса над другим в стыке	+ 1 „
Превышение мостовой и других сооружений над головкой неизношенного рельса	30 „
Износ рельсов Феникс по высоте	18 „
Износ боковой головки рельсов Феникс	20 „
Износ боковой губки рельсов Феникс	15 „
Одновременный износ рельсов Феникс по высоте и боковой	15 „ 13 „
Износ головки рельсов Виньоль Iа по высоте	12 „
Износ головки рельсов Виньоль IIа и IIIа по высоте	10 „
Износ боковой головки рельсов Виньоль Iа	20 „
Износ боковой головки рельсов Виньоль IIа и IIIа	18 „
Износ боковой контррельса Виньоль	25 „
Износ шпал механический (прорезка подошвой рельса или подкладкой)	20 „
То же при ограничении скорости	30 „
Износ шпал органический	Со значительным загниванием под подошвой рельсов не допускаются
Износ костылей (стержня в поперечнике)	6 мм
Износ стрелочного пера:	
а) по вертикали	В соответствии с износом рельсов
б) боковой износ подвижного пера	12 мм
в) возвышение пера над рамным рельсом	+ 4 „ — 2 „
Износ остряка:	
а) глухих стрелок по горизонтали	8 „
б) крестовин по горизонтали	8 „
в) образование уступа в накате жолоба по разным направлениям	2 „
Износ крепления пяты пера стрелки (возможность перемещения пера в вертикальной плоскости)	5 „
Сваренный термитом стык	Лопнувшие сварные стыки подлежат исправлению
Изломы и трещины в стрелках и крестовинах	
а) поломка конца пера стрелки	Не допускается
б) наличие поперечной трещины в пере	То же
в) наличие трещины в шейке по стыковым отверстиям	„
г) наличие трещины в теле рамного рельса и крестовины	„

ренные куски рельсов. В остальном работа производится так же, как и при капитальном ремонте, только сварка стыков производится после укладки способом промежуточного литья.

При замене отдельных рельсов или при постановке кусков рельсов работа разбивается на следующие операции:

1) разборка мостовой,

2) выбойка земли до поверхности шпалы и очистка сменяемого рельса от грязи,



Фиг. 229. Вставленный кусок рельса длиной 0,3 м.

3) разбалчивание стыков и снятие накладок (если сменяется целый рельс при сборных стыках) или вырезка куска рельса (при сварных стыках),

4) разборка тяг,

5) выдергивание костылей (расшивка пути),

6) забивка пробок в костыльные дыры,

7) выемка и относка сменяемого рельса,

8) очистка шпал и подкладок от балласта и грязи,

9) подноска и укладка нового рельса,

10) постановка накладок,

11) постановка болтов и сбалчивание стыков,

12) пришивка рельса к шпалам костылями,

13) постановка тяг,

14) прессовка стыков (при необходимости).

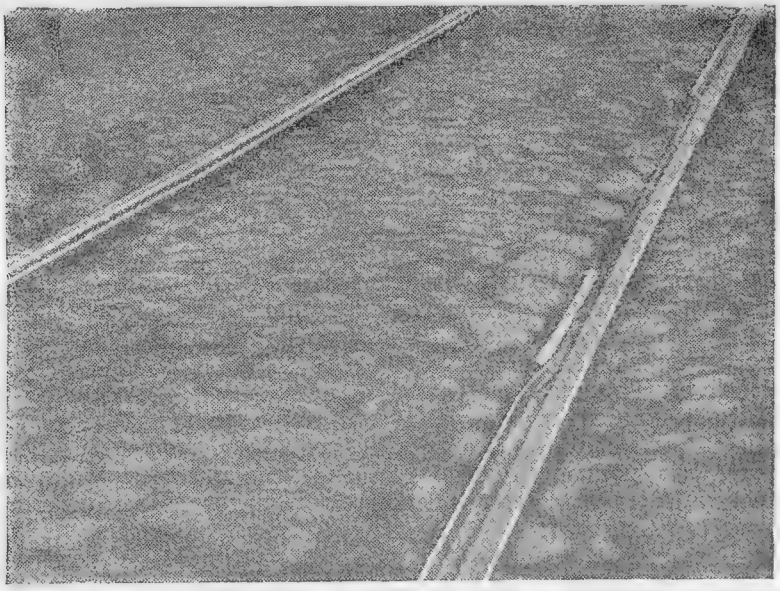
Не рекомендуется производить постановку кусков рельсов длиной меньше 3 м, так как они быстро расстраиваются. Запрещается ставить куски рельсов длиной 0,3 м, заключенных в одной паре накладок (фиг. 229), так как практика показала, что такие куски быстро приводят к авариям.

При частичной замене рельсов соблюдают следующие правила:

1. Для замены негодного рельса должен быть подготовлен рельс того же типа и обладающий той же степенью износа головки по высоте, ширине. Разность в высоте износа допускается до 1 мм.

2. Не допускается одиночная замена рельсов и постановка кусков новых рельсов.

3. Если путь устроен со сварными стыками, то должна быть произведена в последующем сварка стыков поставленного рельса.



Фиг. 230. Износ одной рельсовой нитки.

4. Длину кусков рельсов нужно подбирать так, чтобы получить нормальное расстояние между осями шпал в образующихся сборных стыках.

5. Одновременно с заменой рельса или постановкой куска рельса должно быть проверено качество основания и, при необходимости, выполнен ремонт основания.

Характерный износ одной рельсовой нитки с оторванной губкой, как следствие уширенной колеи, показан на фиг. 230.

Частичная замена шпальных оснований

При одиночной замене шпал на открытом полотне работа разбивается на следующие операции:

1. Отрывка одной стороны ящика, раскирковывание балласта и подрывание шпалы с торца и в ящике на глубину 2—4 см ниже ее постели.

2. Расшивка шпалы (выдергивание костылей).

3. Вынимание подкладок (может производиться отдельно или вместе со следующей операцией).

4. Вываливание шпалы в открытый ящик при помощи лома или клещей.

5. Вытаскивание старой шпалы из пути на сторону (хорошо подрытую шпалу может легко вытащить клещами один рабочий).

6. Приготовление постели, заключающееся в зачистке балласта для возможности затаскивания шпалы и ее подбивки.

7. Затаскивание новой шпалы и установка ее по заранее поставленной метке на рельсе.

8. Окончательная установка шпалы с подведением подкладок.

9. Подштопка шпалы с подвешиванием ее двумя рабочими: один клещами подвешивает шпалу, плотно прижимая ее к подошве рельса, другой подштопывает сначала концы шпалы, а потом и середину ее. Предварительная подштопка шпал при щебеночном балласте не производится.

10. Пришивку рельсов к предварительно подштопанной шпале ведет один рабочий: одну нитку он пришивает на-глаз, другую по шаблону. Если шпала предварительно не была подштопана (при щебеночном балласте), то пришивку производят двое рабочих. Перед пришивкой должно быть проверено положение шпалы согласно метки на рельсе.

11. Подбивка шпал.

12. Засыпка ящика с утрамбовкой и разравниванием балласта.

Шпалы для одиночной смены должны быть заранее развезены к местам их укладки. Нужно применять шпалы, бывшие в деле, примерно, соответствующие лежащим в пути. Дыры от старых костылей должны быть заделаны пробками.

Одновременно с заменяемой шпалой должны быть подбиты и смежные шпалы.

Массовая замена шпального основания производится тем же порядком, как и при капитальном ремонте.

Одиночная замена шпал в замощенных путях производится только одновременно с какой-либо работой (подъемкой пути, частичной заменой рельсов).

Частичная подъемка пути

Местные просадки (толчки, просадки, перекосы) бывают мелкие, глубиной до 20 мм, распространяющиеся на 1—3 шпалы, и глубокие — распространяющиеся на большее количество шпал.

Если количество местных просадок больше 25% общего протяжения пути, то необходимо производить сплошную подъемку (средний ремонт пути). При меньшем количестве производится подъемка при текущем ремонте.

Исправление местных просадок разбивается на следующие операции:

1. Определение мест просадок (толчков) на-глаз, смотря по рельсовой нитке и наблюдая просадку шпал при прохождении вагонов, или по трещинам в балласте у шпал.

2. Разборка мостовой (при замощенных путях).
3. Отрывка балласта из шпальных ящиков.
4. Подъемка пути (при значительных просадках).
5. Подштопка пути (при значительных просадках).
6. Подбивка пути на полную длину шпал.
7. Рихтовка пути.
8. Засыпка шпальных ящиков, утрамбовка и разравнивание балласта.
9. Замощение (при замощенных путях).

Подбитый в местах отдельных просадок путь должен быть выше остального непросевшего на 5—10 мм, так как первые же проходящие поезда уплотняют путь, и он получает правильное положение по высоте.

Исправление толчков производят не менее, чем двое рабочих. При частичной подъемке пути обязательно добивают костыли.

Постановка контррельсов

При рельсах Феникс разрешается ставить контррельсы лишь при условии, что малое яблоко — губка основного рельса будет отрезана. Постановка контррельса на малое яблоко рельсов Феникс запрещается. Малое яблоко рельса Феникс можно отрезать при помощи автогенной или электрической резки. Губку можно обрубать зубилом лишь при незначительной длине в экстренных случаях.

Постановка контррельсов при рельсах Феникс разбивается на следующие операции:

1. Подготовка контррельса (изгибание, сверление отверстий).
2. Разборка мостовой на 0,5 м с каждой стороны рельсовой нитки и около тяг.
3. Выбойка земли до верхней постели шпалы.
4. Отрезка губки рельса Феникс.
5. Разметка отверстий для скрепляющих болтов и тяг.
6. Разбалчивание поперечных тяг и выемка их.
7. Сверление отверстий в рельсе Феникс.
8. Установка контррельса с закладкой вкладышей и скрепление болтами, с предварительной зачисткой места установки.
9. Постановка поперечных тяг и регулирование колеи.
10. Пришивка контррельсов.
11. Засыпка балласта.
12. Замощение.

Контррельсы при рельсах Феникс можно употреблять специального профиля или использовать рельсы Виньоль типа IIа или IIIа. В этом случае между подошвой контррельса и шпалой должны быть заложены деревянные брусья.

Замена контррельсов

Замена контррельсов при рельсах Виньоль разбивается на следующие операции:

1. Подготовительные работы (изгибание контррельсов, разметка и сверление отверстий).

2. Разборка мостовой и выбойка земли (так же, как и при постановке контррельса).

3. Разбалчивание контррельсов и поперечных тяг, расшивка контррельсов и выемка их.

4. Зачистка места установки.

5. Установка контррельсов с закладкой вкладышей, регулированием жолоба и скрепление болтами.

6. Постановка поперечных тяг и регулирование колеи.

7. Пришивка контррельсов.

8. Засыпка балласта и замощение.

Замена и постановка отдельных тяг

Производство работ при замене или постановке отдельных тяг разбивается на следующие операции:

1. Разборка мостовой на 0,25 м с каждой стороны тяги.

2. Зачистка балласта около тяги.

3. Разборка старой тяги, отвинчивание гаек и выемка тяги. Если гайки сильно заржавели и не развинчиваются, разрешается их срубать, но не больше как на 20% общего их количества. При постановке новой тяги сверление отверстий в рельсах.

4. Постановка поперечной тяги с постановкой шайб Гровера.

5. Регулирование колеи по шаблону.

6. Засыпка балласта и замощение.

Регулирование колеи должно производиться не только на месте постановки тяги, но и в обе стороны на расстояние не менее 5 м.

Замена и постановка отдельных накладок

Работы при замене или постановке отдельных накладок разбиваются на следующие операции:

1. Разборка мостовой и выбойка земли до нижней поверхности стыковых шпал.

2. Разбалчивание болтов стыка (при смене накладок). При невозможности развинтить гайки разрешается их срубить в количестве не более 20% общего их числа.

3. Выемка костылей на стыковых шпалах.

4. Снятие накладок (при смене накладок, а при постановке сверление дыр для стыковых болтов).

5. Зачистка места сопряжения накладок с рельсами.

6. Постановка новых накладок и завинчивание болтов с постановкой шайб Гровера.

7. Пришивка стыковых шпал по шаблону.

8. Прессовка стыка (в случае необходимости).

9. Подбивка стыковых шпал (обязательно).

10. Засыпка землей и замощение.

В том случае, когда получился излом одной накладки, может быть произведена замена с оставлением другой старой.

Вынимаемые болты и гайки должны быть смазаны.

Ремонт сборных стыков

Ремонт сборных стыков без замены накладок можно производить с полной заменой болтов, с частичной их заменой и с полным использованием старых материалов.

Ремонт стыков (подбалчивание) производится одним рабочим, который должен проверить качество всех болтов и или просто их подболтить (предварительно смазав их), или заменить, если болт не удовлетворителен по качеству, проверить и при необходимости заменить шайбы Гровера.

При ремонте нужно обратить внимание на сопряжение одного рельса с другим по рабочему канту и по высоте и, если есть расхождение, исправить. Расхождение по высоте до 1 мм в том случае, когда последующий по ходу поезда рельс выше предыдущего, допускается.

Одновременно должны быть подбиты стыковые шпалы, если имеется хотя бы незначительная просадка.

Замена отдельных костылей

Замена костылей производится одновременно с перешивкой пути, когда заменяют негодные костыли.

Сортировка при перешивке производится во время их вытаскивания, причем годные костыли оставляют на месте, а негодные собирают в ящик и относят в сторону. Как самостоятельная, эта работа производится на открытом полотне в единичном случае. Старый костыль вытаскивают, дыру заделывают деревянной пробкой, пропитанной креозотом, и забивают новый костыль.

Исправление колеи

1-й способ исправления колеи — перешивка пути сплошная или частичная. Сплошная перешивка пути вызывается часто или небрежностью капитального ремонта, или как результат пользования неверными шаблонами при капитальном ремонте.

При перешивке пути нужно соблюдать следующие правила:

1. В отверстия в шпале от старых костылей забивают пробки или пластинки-закрепители, зачищают заусенцы в шпалах и осмаливают зачищенные места, после чего выправляют положение одной нитки на-глаз, а второй по шаблону.

2. Отрывают балласт (после разборки мостовой) до шпал на ширину 0,3 м и очищают метлами, чтобы песок не попал в отверстие для костыля. Расшивают путь.

3. Костыли ставят строго вертикально, чтобы после забивки их на глубину заостренной части передняя грань стержня была плотно прижата к подошве рельса. Нельзя допускать наклонной забивки костыля с последующим нагибанием костыля к рельсу для получения необходимой ширины колеи. Нельзя допускать забивки костыля одним ударом. Должно быть 3—4 удара.

2-й способ исправления колеи — регулировка тяг. В этом случае производят подбалчивание гаек тяг до получения нужной ширины колеи. Нарезка тяг должна быть смазана, вполне исправна, чтобы получить плотное натяжение гайки. В противном случае нужно сменить тягу.

Исправление колеи тягами при шпальном основании делают в том случае, если требуется сузить путь на 4—5 мм. При большем сужении нужно путь перешивать.

Выверка направления пути — рихтовка

Рихтовку пути ведет группа рабочих в 4—8 человек под руководством опытного бригадира.

Рихтовка производится, главным образом, одновременно с частичной подъемкой пути; в этом случае она облегчена тем, что часть шпал отрыта и приходится отрывать только остальную часть их.

Для облегчения рихтовки шпалы отрывают полностью сверху и до половины шпалы в шпальных ящиках и у торцов шпал.

Рабочие по команде заводят ломы под подошву рельсов между шпалами под углом не менее 45° к горизонту и, одновременно нажимая на ломы, подают всю рельсовую колею вместе со шпалами в соответствующую сторону по указанию бригадира.

Передвижка пути в одну сторону за один прием не должна превышать 50 мм.

Рихтовку пути без других работ можно производить только на открытых участках пути. При замощенных путях рихтовка отдельно не производится.

Регулирование ширины жолоба между путевым рельсом и контррельсом

Работа при регулировке — подтяжке контррельсов — производится в следующем порядке:

1. При ослаблении натяжения контррельсовых болтов: подтягивают или заменяют при износе резьбы контррельсовые болты; перешивают контррельсы, и подтягивают и закрепляют гайки путевых тяг.

2. При износе боковых граней головок путевых рельсов и контррельсов: контррельсы расшивают; гайки контррельсовых балтов и путевых тяг (две гайки) снимают; при употреблении взамен распорных трубок специальных вкладышей с прокладками достаточно лишь ослабление указанных гаек, чтобы можно было вынуть прокладку.

3. Вынимают старые распорные трубки — муфты и взамен их устанавливают более короткие; при специальных вкладышах вынимают одну или две прокладки в зависимости от размера сужения жолоба.

4. Устанавливают и забалчивают контррельсовые болты и путевые тяги.

5. Производят пришивку контррельса.

Смена стрелочного пера

Перо для укладки взамен сменяемого подбирают заблаговременно с таким расчетом, чтобы по степени своего износа оно подходило к лежащему — не было бы выше рамного рельса более чем на 4 мм и ниже его более чем на 2 мм. При возвышении конца пера над верхом рамного рельса он должен быть зачищен в один уровень с ним.

Работа при замене стрелочного пера производится в следующей последовательности: 1) отвертывают гайку, закрепляющую конец тяги в стрелочном пере, и отъединяют поводок замыкателя; 2) разбалчивают болты корневой закладки пера и снимают закладку; 3) вынимают старое перо; 4) укладывают новое перо; 5) устанавливают корневую закладку и забалчивают ее болты; под гайки ставят пружинные шайбы; 6) перо соединяют со стрелочной тягой и поводком замыкателя; 7) проверяют плотность прилегания пера к рамному рельсу и контррельсу и 8) производят регулировку стрелочной тяги и замыкателя.

Исправление пучинистых мест

Уничтожение пучин возможно лишь в летнее время при капитальном ремонте пути.

Текущий ремонт на пучинах сводится к выравниванию пучинных горбов посредством устройства от них пологих отводов в момент образования пучин и переустройства этого отвода при оседании пучин.

За местом, где возможно появление пучин, нужно установить постоянное наблюдение.

При спуске с горба отвод пучины нужно делать с уклоном не круче 0,01, с устройством на горбе площадки длиной не менее 3 м.

При незначительном расстоянии между горбами пучин весь путь должен быть поднят по визиркам с горба на горб, с соблюдением указанной величины уклона.

Для исправления пути на пучинах применяют деревянные карточки толщиной до 25 мм (3, 5, 10 и 15 мм), шириной 150 мм и длиной 200—250 мм с просверленными дырами. Карточки подкладывают под подошву рельса после расшивки пути и пришивают специальными пучинными костылями.

При необходимости большей подъемки рельса применяют нашпальники шириной 150 мм, длиной 400—2400 мм и толщиной от 50 до 140 мм.

После каждого исправления путь должен быть тщательно проверен по шаблону и уровню.

Весной, при снятии деревянных подкладок, все лишние дыры в шпалах должны быть забиты деревянными пробками.

Состав бригады при ремонте, в зависимости от высоты и количества пучин, может колебаться от 3 до 8 чел.

Исправление пучин разбивается на следующие операции: определение высоты горба пучин при помощи визирок; определение

длины отвода и высоты отдельных деревянных подкладок; очистка пути от снега и обметание шпал; расшивка пути; вывешивание рельса; укладка временных подкладок или клиньев на шпалах под рельсы; подчистка верхней постели шпалы и укладка постоянных пучинных подкладок; забивание костылей; проверка пути по шаблону и уровню.

Перемощение верхнего покрытия

Замощение после текущего ремонта незначительных площадей производится следующим образом.

После засыпки и утрамбовки балласта в шпальные ящики производят подготовку постели под мостовую, обычно из старого балласта. Камень нужно сортировать и более крупный ставить к головке рельсов. Высота утрамбованной мостовой при небольших площадях замощения должна быть на 1—3 см выше прилегающей старой мостовой, чтобы после нормальной осадки получился правильный профиль.

В остальном правила замощения те же, что и при капитальном ремонте.

Ямочный ремонт мостовой без путевых работ ведут при просадках. В этом случае добавляют балласт для постели мостовой с соблюдением указанных выше особенностей мощения.

Способ суфляжа

На железных дорогах для исправления просадок пути большим успехом пользуется способ суфляжа, вносящий техническую культуру в текущее содержание пути и применяемый на дорогах у нас и за границей.

Способ этот состоит в том, что под подошву каждой осевой шпалы подсовывают специальной лопатой такое количество балласта, которое определено измерением потайных толчков и просадок пути с точностью до 1 мм.

Технологический процесс работы при суфляже начинается с измерения специальными инструментами просадок шпал, после чего каждую осевшую шпалу поднимают домкратом на необходимую высоту и, отмерив специальными мерными кружками потребное количество балласта, подсовывают его под шпалу.

Способ суфляжа, упрощая работу при исправлении просадок, не портит балласта, который при обычной подбивке перемешивается с верхним загрязненным слоем, и не портит шпал, нарушаемых подбивкой, а также не нарушает уплотненной балластной постели под шпалой.

§ 148. Паспортизация путевого хозяйства

Для изучения фактического состояния путевого хозяйства, более сознательного подхода к планированию путевых работ и правильной оценке технического состояния участков сети необходимо иметь технические паспорты основных путевых сооружений. Пас-

порты должны содержать важнейшие технические и эксплоатационные характеристики и данные о состоянии сооружений.

Паспорты на пути трамвая составляют отдельно на участки пути между узлами и на узлы. Основной единицей измерения принимают пог. метр одиночного пути. К каждому паспорту прикладывают чертеж в масштабе обычно $^1/_{500}$ с подробной характеристикой в плане данной линии или узла, а также продольный профиль линии.

В паспортах указывают подробные данные о конструкции пути по годам укладки по отдельным участкам пути, о всех водоотводных и искусственных сооружениях на пути, о земляном полотне, количестве и типе шпал, стыков, типе верхнего покрытия, качестве рельсов, шпал.

Паспортизация проводится на определенное число, а все последующие изменения отмечают в соответствующих формах.

В паспортах отмечают данные о производимых ремонтах в хронологическом порядке с характеристикой выполненных работ.

Кроме того, в паспортах отмечают нагрузку, пропущенную по пути (количество тонн груза) по отдельным периодам, а также все местные особенности участка линии или узла, например, заносимые снегом и затопляемые места.

§ 149. Летняя и зимняя очистки путей

Полотно трамвайного пути нужно постоянно содержать в чистоте. Это требование вызывается как общим благоустройством уличных проездов, так и специальными техническими особенностями работы трамвайного пути.

Границы очистки полотна трамвайных путей устанавливаются обычно в следующих размерах:

а) на перегонах — на ширине между наружными рельсами двойного пути и на прилегающей к ним полосе проезда шириной около одного метра;

б) в узлах — на площади, ограниченной периметром наружных рельсов, сходящихся в данном узле путей (если посередине узла нет проезда безрельсового транспорта), также увеличенной по ширине в каждую сторону на величину около одного метра;

в) на остановочных пунктах — на площади, ограниченной бордюром, а там, где его нет, — на длине около 40 м и ширине около 3 м.

Наибольшее внимание при очистке необходимо уделять постоянному поддержанию в чистоте желобов рельсов и специальных частей. От мусора, грязи или снега в желобах возрастает сопротивление электрического тока при прохождении его от колеса к рельсу, а также увеличивается сопротивление движению от зажатия реборды в жолобе. Оба эти обстоятельства увеличивают расход электрической энергии для передвижения вагонов.

При рельсах типа Виньоль с контррельсами несвоевременная очистка желобов вызывает напрессование грязи и мусора рельсами и контррельсами, что, кроме увеличения расхода электроэнергии,

может привести к обрыву контррельсовых болтов и нарушению тем всей конструкции соединения рельсов и контррельсов, а следовательно, возможно и к аварии.

Летняя очистка путей

Очистка полотна путей и жолобов в летнее, весеннее и осеннее время производится вручную или при помощи специальных уборочных машин (щеточных, пылесосов).

Очистка полотна путей вручную производится обыкновенными метлами и лопатами, а жолобов — специальными скребками. Скребок имеет такую форму, что при очистке жолоба грязь и мусор падает за головку рельса. Если жолоб сильно забит мусором, то иногда его приходится пробивать ломом. Вынимаемый мусор из жолобов не должен попадать на головку рельса. Мусор откладывают рядом с рельсом на мостовой и немедленно убирают.

Грязь, мусор и смет, собранные с полотна путей, нужно складывать в специальные ящики, а затем отвозить на свалку.

Очистка путей должна быть организована таким образом, чтобы поддерживалась постоянная чистота путей. Поэтому рекомендуется закреплять бригады или отдельных рабочих за определенными участками путевой сети. В некоторых городах очистка полотна путей возложена на специальные городские органы очистки улиц или на дворников домовладений, что имеет положительные результаты, создавая однотипное качество очистки. В этих случаях за Службой пути трамвая остается только поддержание в чистоте жолобов рельсов.

Кроме очистки полотна путей от мусора и смета, необходимо следить за своевременным отводом воды с полотна путей. Скопления и застоя воды в пределах трамвайного полотна, а также на ближайшей, прилегающей к нему территории, допускать нельзя. Особое внимание на своевременный отвод воды необходимо обращать весной и осенью в периоды сильного таяния снега и возможных ночных заморозков. Застой воды в эти периоды может повести к замерзанию ее на рельсах и всякого рода осложнениям движения.

Воду, где бы она не скоплялась: вдоль рельсов, в стыках, у стрелок и крестовин, в местах нарушенного мостового покрытия, нужно немедленно спускать или прогонять метлами. Кроме того, должны быть приняты и более радикальные меры для отвода воды из мест ее скопления и застоя, а также недопущения проникания воды через верхнее покрытие в балластный слой и земляное полотно. Для этого покрытие в пределах пути нужно поддерживать в полной исправности.

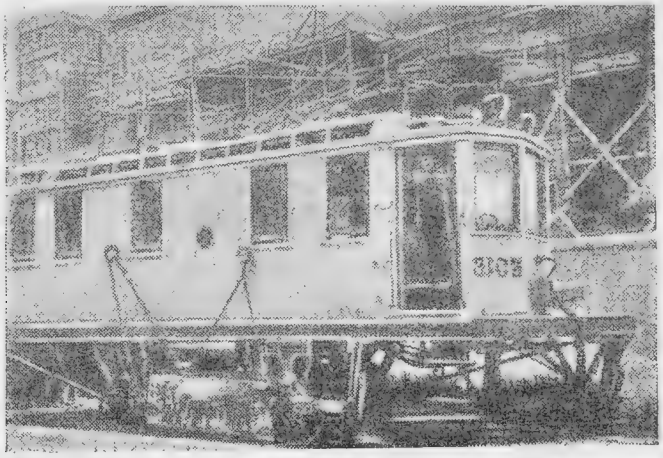
Очистку жолобов стрелок, особенно в месте нахождения подвижных перьев, нужно производить особо тщательно. Наличие мусора и грязи в жолобах препятствует нормальному переводу стрелочных перьев, вызывает неплотное их прилегание к рамным рельсам, что может повлечь за собой сход трамвайного вагона с рельсов или поломку перьев стрелок.

Очистку стрелок ведут стрелочники (при ручном переводе стрелок) или специально выделенные рабочие (при механизированном или автоматическом переводе стрелок). Для очистки пользуются специальными ручными инструментами — метелочками, совками, крючками.

Зимняя очистка пути

Для бесперебойного движения и наименьшего расхода электроэнергии трамвайные пути должны быть всегда очищены от снега на той же площади, как и летом от мусора.

При сильных метелях на ряде участков трамвайной сети возможно образование значительных отложений и заносов, поэтому,



Фиг. 231. Общий вид щеточного снегоочистителя.

кроме нормальной организации очистки, должны приниматься также меры к предупреждению образования снежных заносов, главным образом, на загородных, открытых линиях.

Очистка путей от снега производится вручную метлами, движками, лопатами или при помощи специальных снегоочистителей (фиг. 231).

Пути нужно очищать немедленно после снегопада, пока не произошло уплотнение снега автотранспортом и пешеходами и уборка его не потребовала кирковки.

При метелях и поземках нельзя допускать образования вдоль рельсов снежных гребешков и глубоких колей, которые быстро заносятся снегом. В этом случае одним снегоочистителям с работой не справиться, приходится на крутых подъемах и на кривых участках пути выставлять специальных людей для постоянной расчистки головок рельсов и желобов, чтобы не нарушить движения вагонов.

При недостатке механических и ручных средств борьбы со снегопадами очистку нужно начинать с крутых подъемов и кривых, с заносимых мест, затем переходить к остановочным пунктам и переездам, а потом уже к площадкам и уклонам. Такая очередность диктуется требованиями бесперебойности движения, а также наименьших затрат на скалывание в дальнейшем льда и уплотненного снега.

При узких междупутьях складывать снег на междупутьи нельзя, также как и в пределах остановочных площадок.

Вывозить собранный в валы или кучи снег нужно в кратчайший срок, чтобы не произошло его уплотнения и не потребовалось бы добавочной затраты рабочей силы на его кирковку.

Очистка и уборка от снега полотна путей производится специально выделенными для этой цели бригадами ручной очистки или бригадами на снегоочистителях.

В зимнее время очистке стрелок должно быть уделено особое внимание. В результате отложения снега и действия мороза может происходить намерзание льда и примерзание перьев. Кроме того, во время метелей и особенно поземков жолоб в стрелке заносится снегом и требует постоянной очистки для возможности бесперебойного перевода стрелочных перьев.

Для облегчения уборки снега из стрелочных желобов во время снегопадов в них сыпят поваренную соль, под действием которой снег, попадавший в жолоб стрелки, тает и не препятствует переводу перьев. Еще более рационально производить накапливание в стрелочных коробках соляного раствора; во время снегопадов нужно периодически поливать им желоба стрелок. Это освобождает от необходимости беспрерывной очистки стрелок и значительно экономит труд стрелочника.

Но поваренная соль оказывает действие на снег только при температуре наружного воздуха выше — 20° С. При более низкой температуре жолоба стрелок нужно держать сухими, а при примерзании перьев смазывать их керосином или спиртом. Обычно при таких низких температурах снегопада не бывает. При наличии же снега его необходимо немедленно вымести из желобов стрелки. Снег при намерзании на перо или в жолобе может вызвать постановку пера стрелки «в разрез» и задержку движения.

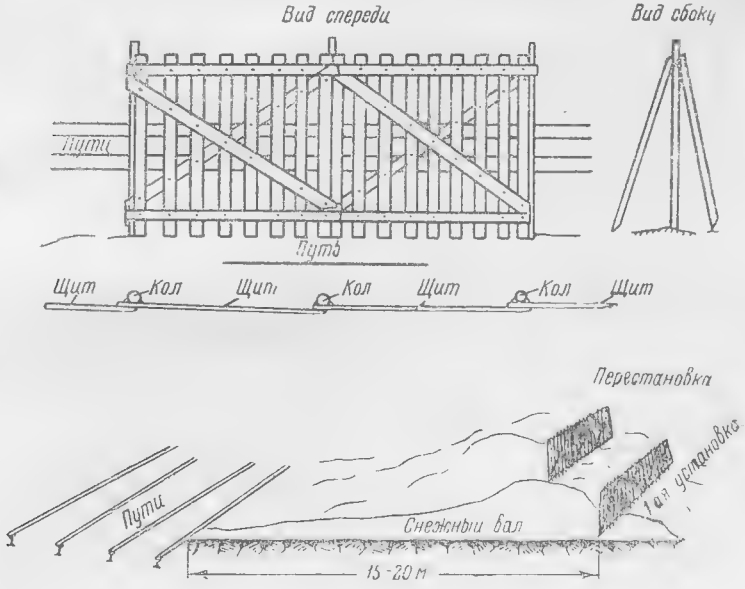
При особо сильных морозах рекомендуется периодически отогревать стрелочные перья паяльной лампой.

На загородных линиях порядок очистки трамвайных путей от снега тот же, что и на линиях, расположенных в проездах. Однако, там, в отдельных местах, нужно принимать специальные меры, предупреждающие возможные заносы трамвайных путей и образование больших снежных отложений.

Участки трамвайного пути в выемке, на нулевых местах и на малых насыпях (высотой до 0,5 м) находятся под постоянной угрозой заноса снегом. Одна из эффективных мер, предохраняющая путь от снежных заносов, это ограждение линии переносными щитами или обсадка их защитными полосами живой изгороди из лиственных и хвойных пород.

Снеговые щиты, ограждающие выемки, ставят перед наступлением зимы, а ограждающие нулевые места и малые насыпи — зимой по мере увеличения высоты снежного покрова и превращения таких мест в выемки.

Щиты устанавливают в расстоянии 25—30 м от бровки выемки. Для этого по намеченной линии щитов забивают через 1,9 м колья, к которым с внешней от пути стороны приставляют соединенные в «замок» (так, чтобы верхние горизонтальные схватки одного щита входили в промежутки между такими же схватками



Фиг. 232. Постановка и расположение снегозащитных щитов.

другого щита) щиты, которые привязывают к кольям веревкой, мочалой или проволокой (фиг. 232).

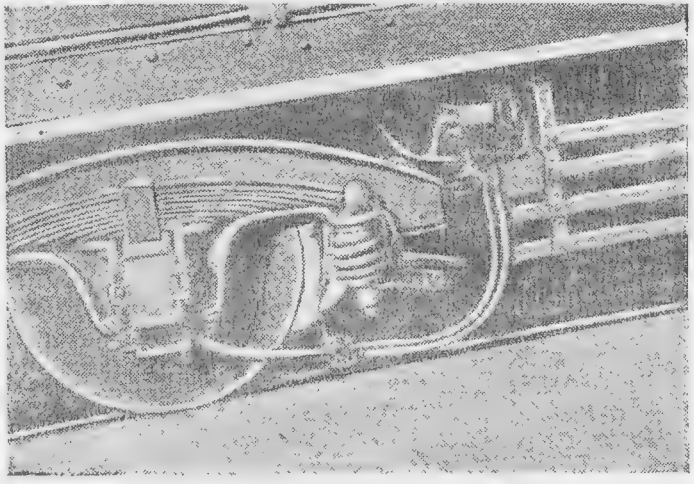
Падающий и относимый ветром снег, встречая щит, отлагается спереди и сзади него в виде двух валов. При отсутствии щита снег отложился бы на пути в затишьи, образуемом выемкой. Но щит будет работать только до того момента, пока высота снежных валов не закроет его. Поэтому, когда щит оказывается занесенным на $^2/_3$ высоты его переставляют на передний снежный вал. Для укрепления щитов на валу стыки их обсыпают снегом и уплотняют его. Кроме того, забивают колья под углом к щиту (см. фиг. 232).

Щиты на нулевых местах и на малых насыпях ставят только тогда, когда снежный покров достигнет такой высоты, что трамвайный путь окажется в выемке.

§ 150. Смазка кривых и специальных частей

Уменьшения износа рельсов и специальных частей в кривых малых радиусов, а также бандажей трамвайных вагонов, можно достичь, если боковые рабочие грани рельсов Феникс со стороны головки и губки и рельсов Виньоль и контррельсов к ним в кривых радиусом 200 м и меньше периодически смазывать отработанным машинным маслом, нефтяными остатками. Эта мера, уменьшая износ, естественно, снижает расход электроэнергии.

Периодичность смазки устанавливают, в зависимости от интенсивности движения трамвайных поездов, с таким расчетом,



Фиг. 233. Приспособление для смазки кривых участков рельсов.

чтобы боковая поверхность рельсов и стрелок постоянно находилась в смазанном состоянии. Практически она осуществляется от 2 до 8 раз в сутки.

Смазку производят только в сухую погоду, при чем рельсы и желобы предварительно очищают от мусора и грязи.

Смазка кривых может быть ручная или механическая. Ручную смазку кривых участков производят специально назначаемые рабочие-смазчики, а на узлах стрелочники, которые чистят стрелки.

Механическая смазка производится при помощи специального приспособления, устанавливаемого на трамвайном вагоне (фиг. 233). На буксах вагона укрепляют форсунки, разбрызгивающие смазку на боковые стенки рельсовых желобов, предварительно сдувая с них пыль. Смазка производится поворотом рукоятки, находящейся на передней площадке вагона у контроллера.

Существуют другие способы механической смазки рельсов. За границей применяются специальные лубрикаторы, устанавливае-

мые у рельса, из которых выдавливается смазка при проходе вагона и попадает в жолоб рельса.

Особое внимание при смазке надо обращать на то, чтобы она не попадала на поверхность головки рельса, так как это может привести к аварии.

§ 151. Посыпка пути песком на уклонах

При движении трамвайных поездов можно наблюдать, что ведущие колеса моторных вагонов провертываются на месте, или заторможенные колеса при торможении скользят по рельсу без провертывания.

Провертывание на месте называется боксованием колес, а явление скольжения колес без провертывания при торможении носит название юза.

Обе эти ненормальности в движении колес вагонов очень вредны. При боксовании вагон перестает двигаться и, кроме задержки движения, может на крутых подъемах вызвать при наличии одновременно юза обратное движение под уклон и привести к аварии.

Явление юза особенно опасно на крутых спусках и на всех тормозных участках, так как тормозы в этом случае на действуют и вагон двигается по рельсам без вращения колес, как бы на салазках.

Причины боксования и юза заключаются в ослаблении сцепления (уменьшения трения) между металлом рельса и колесного бандажа, которое вызывается попадающими на поверхность головки рельса предметами, например, опадающими листьями деревьев и выделяющими при раздавливании их колесами вагона соки, действующие как смазка. Кроме того, при сильных морозах образуется на рельсах ледяная тонкая корка, также способствующая боксованию и юзу.

Меры борьбы с боксованием и юзом, кроме своевременной очистки путей, должны быть направлены на усиление трения между рельсом и бандажом вагона. Достигается это посыпкой головок рельсов песком: вагоновожатыми — из специальных песочниц, имеющихся на каждом моторном вагоне, или линейными путевыми работниками — вручную.

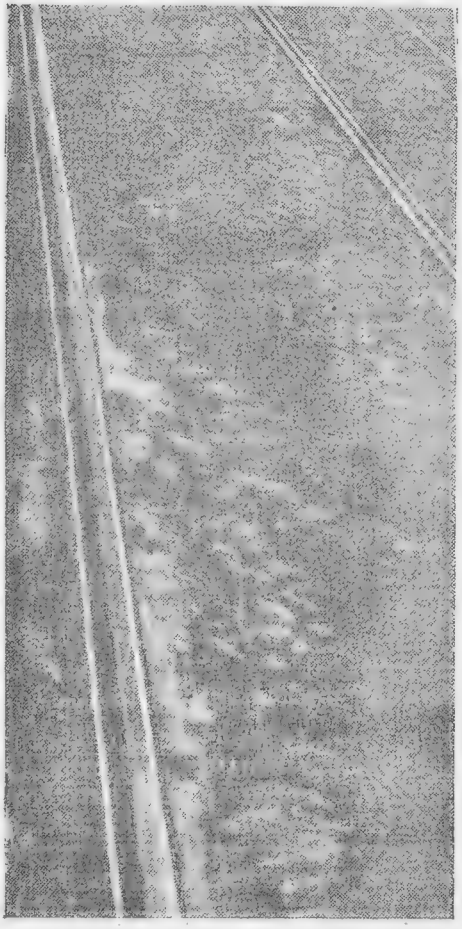
Применяют два способа посыпки песком: 1) раскладывание песка на тормозных участках кучками, высотой 10—20 см, около одного из путевых рельсов в расстоянии 1—2 м друг от друга, с постоянной оправкой этих кучек с тем, чтобы на головках рельсов около них всегда был тонкий слой песка и 2) песок сыпят периодически из специальной воронки тонким слоем на головки рельсов.

Песок должен быть чистым, с содержанием глинистых и пылеватых частиц не более 10% и сухим.

Места посыпки устанавливают в зависимости от местных условий, главным образом, на крутых уклонах, у остановок после спусков.

§ 152. Волнообразный износ рельсов и борьба с ним

Волнообразный износ рельсов трамвайных путей (фиг. 234) вредно отражается на содержании пути и подвижного состава; это явление наблюдается на значительном проценте путей в той или иной степени и служит причиной того, что конструкция пути выходит из строя, и вагоны поступают в ремонт также не выдерживая нормального пробега.



Фиг. 234. Рельс с волнообразным износом.

Чтобы правильно бороться с волнообразным износом рельсов, естественно, надо знать причины его образования и развития.

В течение последних 40 лет было проведено значительное количество исследований и опытных наблюдений в лабораториях, на путях, на заводах, изготовляющих рельсы, у нас и за границей. Этот вопрос разбирался на многих международных конгрессах, но до сих пор нет общепризнанных теорий, разъясняющих это явление, и изученных мер борьбы с ним. Различные исследователи доказывают влияние отдельных факторов на образование и развитие волнообразного износа на рельсах, в результате чего можно установить, что почти все факторы конструктивные и эксплоатационные путевого хозяйства и подвижного состава в той или иной степени оказывают влияние на волнообразование и его развитие. В то же время имеется ряд трамвайных предприятий, на которых явление волнообразного износа или не наблюдается, или имеет незначительные размеры, от 5 до 15% путей. Следовательно, волнообразный износ появляется, как следствие совокупности причин, главных и им сопутствующих, но все же оказывающих то или иное влияние на его образование и развитие.

Можно считать установленным, что отдельные причины или самостоятельно, или в сочетании друг с другом способствуют образованию волнообразного износа рельсов в трамвайных путях. К таким причинам относятся:

1. Пониженное качество рельсовой стали и недостатки в изготовлении рельсов. Рельсы из стали улучшенного состава лучше сопротивляются износу вообще и волнообразному в частности. Термическая обработка (закалка) рельсов еще больше улучшает сопротивляемость волнообразному износу.

Применение при прокатке рельсов прессов для правки, оставляющих следы на головке рельсов, способствует образованию волнообразного износа. Получение при прокатке случайных местных уплотнений металла или различных включений также оказывает бесспорное влияние на возникновение этого явления.

2. Профиль рельсов. Рельсы типа Виньоль значительно меньше подвержены волнообразному износу, чем рельсы типа Феникс. Объясняют это разные исследователи по разному: технологией прокатки, сложностью профиля, жесткостью рельсов Феникс, а некоторые исследователи — наличием узкого жолоба, вызывающего зигзагообразное движение вагонов. Во всяком случае, установлено, что при рельсах Виньоль волнообразный износ реже наблюдается, хотя, вообще говоря, и бывает.

3. Жесткость рельса. Доказано, что образование волн наблюдается преимущественно на более жестких рельсах, имеющих большую высоту.

4. Жесткость основания. Более жесткие основания способствуют возникновению и быстрому развитию волнообразного износа; при бетонных основаниях необходимы упругие прокладки, чтобы смягчить жесткость основания.

5. Отсутствие стабилизации устойчивости полотна. Главной причиной продолжающихся деформаций полотна служит плохой водоотвод, который создает неодинаковую упругость пути и податливость основания. Вследствие накопления воды под путями происходит разжижение грунта или замерзание его и появление пучин. Неоднородная упругость вызывается также просадками пути. Все это способствует образованию волнообразного износа и его развитию.

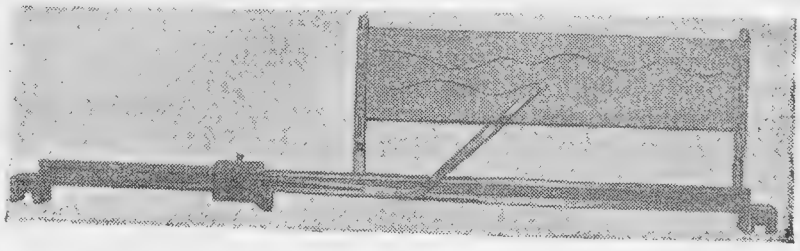
6. Удельное давление на рельсы. Увеличение давления на рельсы способствует появлению и развитию волнообразного износа. Четырехосные вагоны меньше вызывают это явление, чем двухосные. Увеличение диаметра колес также дает положительные результаты. Кроме того, можно уменьшить удельное давление соответствующими очертаниями головки рельса и бандажа вагона.

7. Скорости движения. При малых скоростях движения поездов волнообразования не наблюдается. Энергичное торможение при больших скоростях вызывает подскакивание вагона и способствует волнообразованию.

8. Конструкция замощения. Жесткое соединение замощения с рельсом, например, заделка рельсов в бетон, оказывает вредное влияние. Для уменьшения его необходима упругая прослойка, не препятствующая упругим деформациям рельсов.

9. Кривые участки пути. На кривых малых радиусов, до 50 м, волнообразного износа не замечается, а происходит истирание рельсов. На кривых большого радиуса часто образуется волнообразный износ, как следствие скольжения колес или вибрационных колебаний при большой скорости движения.

10. Неспокойный ход подвижного состава. Вращение полускатов или тележек вагона вокруг вертикальной оси, продольная и поперечная качка вагонов и другие недостатки подвижного состава вызывают явление волнообразного износа



Фиг. 235. Прибор для измерения волнообразного износа

рельсов. Особо вредное влияние оказывают тележки Беккера, а также зигзагообразное движение вагона, вызываемое неравенством диаметров колес одной оси, разницей уровней двух рельсовых ниток, неравномерной нагрузкой на колеса одной оси, разной упругостью рессор, и другие причины.

Здесь приведены только основные причины, способствующие образованию и развитию волнообразного износа рельсов. Различные исследователи приводят еще ряд причин этого явления, полученные многолетними наблюдениями за образованием и развитием волнообразного износа. Однако, приходится признать, что вопрос этот еще не разрешен и нуждается в дополнительных опытах и исследованиях.

Основываясь на ряде установленных причин, влияющих на образование волнообразного износа, можно принять ряд мер к его уменьшению.

Явление волнообразного износа можно разделить на два периода — появление волны и развитие ее.

Длина, глубина и форма волны весьма различны, и пока не выведена функциональная зависимость характера волны от каких-либо причин.

Для съемки волнообразного износа можно применять простой прибор (фиг. 235), представляющий собой линейку, на которой скользит каретка. На ось каретки надет коленчатый рычаг. На концах линейка снабжена постоянными сильными магнитами,

удерживающими ее на рельсе. Коленчатый рычаг одним концом опирается на головку рельса, а другой свободный конец пружинкой прижимается к доске, на которой прикреплена бумага. Установленный на линейке и вставленный в рычаг карандаш вычерчивает на бумаге линию головки рельса. Профиль получается в искаженном масштабе — вертикальный в 10 раз больше горизонтального. Длина возможного передвижения каретки может быть любая. На данном приборе она равна 400 мм. Прибор показывает волнообразный износ, начиная от долей миллиметра до выбоин величиной в 10—12 мм.

Задача выяснения причин появления волн на рельсах наиболее трудная и неопределенная. Дальнейшее же развитие волны объяснить легко, но борьба с образованием волн также сложна.

Поэтому, наряду с необходимостью искать причины образования волн и разработкой уменьшения влияния этих причин или их уничтожения, необходимо вести борьбу с уже наметившимся и развивающимся явлением. Такую борьбу можно вести:

1) изменением типа подвижного состава, проходящего по участку с волнообразным износом;

2) изменением упругости данного участка соответствующим ремонтом или изменением конструкции основания и водоотвода;

3) шлифованием образующейся волны.

Последнее средство считается в настоящее время наиболее эффективным и экономически выгодным; первые два средства не имеют установленных основ, а практикуются в виде опыта. Поэтому, не допуская износ до глубоких волн, вредно отражающихся на пути и подвижном составе, необходимо периодически шлифовать рельсы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ассоциация инженеров Американских трамваев. Доклад комиссии по вопросу о волнистом износе рельсов. 1930 г.
2. Белов В. А. Тракторные механизмы на земляных работах. Трансжелдориздат, 1937 г.
3. Германович И. В. Памятка ремонтному рабочему. Госуд. Техн. издат., 1930 г.
4. «Gleistechnik» (журнал).
5. Дурново П. С. Механизация путевых работ. Гострансиздат. 1932 г.
6. Единые нормы выработки на строительные и путевые работы.
7. Железнодорожный путь. Под ред. проф. Н. Т. Митюшина. Трансжелдориздат, 1934 г.
8. Заллер Г. Верхнее строение железнодорожного пути Германии. Трансжелдориздат, 1933 г.
9. Зильберталь А. Х. Трамвайное хозяйство. ОГИЗ — Гострансиздат. 1932 г.
10. Каменский А. А. Устройство пути городских и пригородных трамваев. КУБУЧ, 1927 г.
11. Каменский А. А., Граве И. П., Березовский М. В. Курс промышленных железных дорог. ОНТИ, 1937 г.

12. Карасев М. А. Термит и термитная сварка рельсов. Гострансиздат. 1936 г.
13. «Коммунальное строительство». (журнал).
14. Крачковский В. П. Ремонт и содержание железнодорожного пути. Трансжелдориздат, 1935 г.
15. Кропотов И. И. Мосты и трубы обыкновенных дорог. ОГИЗ — Гострансиздат, 1931 г.
16. Куренков П. А., Кобзарь С. Г. Транспорт при планировке городов. ОНТИ, 1937 г.
17. Кюнер К. Э. Железобетонные шпалы. Транспечать НКПС, 1929 г.
18. «L'Industrie des Voies Ferrées» (журнал).
19. Митюшин Н. Т. Рельсовый путь. Трансжелдориздат, 1934 г.
20. Петров В. К., Сосянц В. Г. Городской транспорт. Изд. НККХ, 1939 г.
21. «Путеец» (журнал).
22. Сергеев Б. Н. Верхнее строение пути французских железных дорог. Трансжелдориздат, 1937 г.
23. Сосянц В. Г. Пути городских электрических железных дорог. Гострансиздат, 1937 г.
24. Сосянц В. Г., Овечников Е. В. Руководство стрелочнику трамвая. Изд. НККХ, 1945 г.
25. Сосянц В. Г., Овечников Е. В., Хилькевич Е. Н., Вахмистров Н. М. Ремонт путей трамвая в условиях военного времени. Изд. НККХ, 1943 г.
26. Страментов А. Е. Современные городские дороги. ОНТИ, 1937 г.
27. Тер-Мартиросян А. П. Конструкция и расчет трамвайного пути. Изд. НККХ, 1941 г.
28. Трамвайный бюллетень.
29. Трамвайный справочник. Гострансиздат, 1936 г.
30. «Транспорт и дороги города» (журнал).
31. Труды ВТАБа.
32. Труды ВНИТО городского электротранспорта.
33. Труды НИИЖТа.
34. Технические условия Ленинградского трамвая (изд. 1939 г.).
35. Технические условия Московского трамвая.
36. Технические условия Гушосседора НКВД СССР.
37. Правила технической эксплоатации трамвая. Изд. НККХ РСФСР, 1942 г.
38. «The Transport World» (журнал).
39. Черняев И. И. Текущее содержание пути. Трансжелдориздат, 1936 г.
40. Чистяков. Термитовая сварка рельсовых стыков. Транспечать НКПС, 1929 г.
41. Шестаков П. Н. Курс автогужевых дорог. ОГИЗ — Гострансиздат, 1932 г.
42. Щукин К. П., Ланин С. А. Путевое хозяйство жел. дорог Северной Америки. Гострансиздат, 1932 г.
43. Elektro-thermit G. M. B. H. (проспект), изд. 1926 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Глава I. **Общие понятия и назначение трамвайных путей** 3

§ 1. Назначение трамвайного пути 3
§ 2. Габарит 4
§ 3. Ширина колеи 6
§ 4. Ширина междупутья 6
§ 5. Требования, предъявляемые к трамвайному пути 8
§ 6. Направление трамвайных линий 9
§ 7. План трамвайных путей 12
§ 8. Расположение трамвайных путей в проездах 12
§ 9. Трамвайные пути на обособленном полотне 14
§ 10. Кривые участки пути 16
§ 11. Типы узлов 18
§ 12. Типы конечных пунктов 20
§ 13. Трамвайные пути в депо 22
§ 14. Продольный профиль 23
§ 15. Поперечные профили 27
§ 16. Сравнение трамвайного пути с железнодорожным 29

Глава II. **Устройство земляного полотна городских и пригородных трамвайных линий** 33

§ 17. Понятие о грунтах 33
§ 18. Характеристика грунтов 33
§ 19. Испытание грунтов 35
§ 20. Земляное полотно в проезжей части улицы 37
§ 21. Земляное полотно в непроезжей части улиц — обособленное полотно 39
§ 22. Земляное полотно загородных трамвайных линий 40
§ 23. Земляное полотно в насыпи 42
§ 24. Разбивка насыпей 45
§ 25. Земляное полотно в выемке 46
§ 26. Разбивка выемок 47
§ 27. Расчет канав (кюветов) 47
§ 28. Подсчет объема земляных работ 53
§ 29. Малые искусственные сооружения 54
§ 30. Специальные условия устройства земляного полотна на подходах к мостам и путепроводам 59
§ 31. Укрепление откосов 59

Глава III. **Устройство нижнего строения трамвайных путей** . . . 62

§ 32. Типы оснований трамвайных путей 62
§ 33. Назначение и работа балластного слоя 63
§ 34. Способы расчета толщины балластного слоя 66
§ 35. Материалы, применяемые для нижнего строения пути 68
§ 36. Деревянные шпалы и брусья 72
§ 37. Металлические и железобетонные шпалы 75
§ 38. Шпальные основания (общие сведения) 77
§ 39. Шпально-песчаные основания 78

§ 40. Шпально-щебеночные основания 7
§ 41. Шпально-бетонные основания 82
§ 42. Сборные железобетонные плиты для шпально-бетонного основания . 8
§ 43. Применение пробужденного бетона 87
§ 44. Бесшпальные щебеночные основания 88
§ 45. Бесшпальные бетонные основания 90
§ 46. Пути смотровых канав трамвайных депо 94

Глава IV. **Устройство верхнего строения трамвайных путей** . . . 9

§ 47. Рельсы . . . . . .
§ 48. Химический состав и структура рельсовой стали . . . . . .
§ 49. Технические условия на рельсы . . . . . .
§ 50. Термическая обработка рельсов . . . . . .
§ 51. Типы и профиль рельсов 10
§ 52. Выгодность сечения рельса 11
§ 53. Длина рельсов 117
§ 54. Особые типы рельсов 118
§ 55. Срок службы и допускаемый износ рельсов 120
§ 56. Соединение рельсов 126
§ 57. Термитная сварка стыков 127
§ 58. Электрическая сварка стыков 132
§ 59. Стыки механического соединения 134
§ 60. Разновидности трамвайных стыков 136
§ 61. Накладки 138
§ 62. Болты, гайки и шайбы 140
§ 63. Прикрепление рельсов к основанию 142
§ 64. Подкладки, костыли и шурупы 144
§ 65. Поперечные тяги 146
§ 66. Электрическое соединение рельсов 147
§ 67. Влияние блуждающих токов на подземные сооружения 149
§ 68. Борьба с электрокоррозией подземных сооружений 151
§ 69. Устройство пути на кривых участках 152
§ 70. Ширина колеи на кривых участках трамвайных путей 155
§ 71. Повышение наружного рельса в кривых 158
§ 72. Расстояние между осями путей 162
§ 73. Трамвайные пути на мостах 164
§ 74. Нагрузка, передаваемая пути 165
§ 75. Основные принципы расчета трамвайных путей 166
§ 76. Определение напряжений в элементах пути 166
§ 77. Температурные напряжения в рельсах 169
§ 78. Допускаемые напряжения 170
§ 79. Пример расчета пути на шпально-щебеночном основании 170

Глава V. **Устройство специальных частей** 173

§ 80. Назначение и классификация специальных частей 173
§ 81. Специальные части железнодорожного типа 174
§ 82. Специальные части трамвайного типа 176
§ 83. Литые стрелки 181
§ 84. Литые крестовины и пересечения 185
§ 85. Сборные стрелки 185
§ 86. Сборные крестовины и пересечения 187
§ 87. Основания под специальными частями 189
§ 88. Специальные части для совмещенного движения 189
§ 89. Способы перевода стрелок 191
§ 90. Автоматический перевод стрелок 191
§ 91. Централизованный перевод стрелок 197
§ 92. Общие понятия о блокировке стрелок 198
§ 93. Основы расчета стрелочных переводов 199
§ 94. Расчет стрелок 200
§ 95. Расчет крестовин 202
§ 96. Расчет стрелочных переводов 204

§ 97. Расчет стрелочных улиц 207
§ 98. Разбивка специальных частей 209

Глава VI. **Отвод воды от трамвайных путей** 211

§ 99. Значение отвода грунтовых и поверхностных вод 211
§ 100. Отвод поверхностных вод 211
§ 101. Отвод грунтовых вод. Дренажи 215
§ 102. Отвод воды с путей и территории трамвайных парков 220

Глава VII. **Верхнее покрытие трамвайных путей** 221

§ 103. Назначение и типы покрытий 221
§ 104. Булыжные мостовые 223
§ 105. Брусчатые мостовые 224
§ 106. Мозаиковые мостовые 226
§ 107. Клинкерные мостовые 227
§ 108. Деревянные торцовые мостовые 227
§ 109. Асфальтовые покрытия трамвайных путей 228
§ 110. Особые конструкции примыкания верхнего покрытия к рельсам . . 230
§ 111. Оформление обособленного полотна 231

Глава VIII. **Организация и производство работ при строительстве и капитальном ремонте трамвайных путей** 235

§ 112. Основные принципы организации путевых работ 235
§ 113. Характеристика отдельных операций при строительстве и капитальном ремонте путей 241
§ 114. Составление календарного плана и графиков работ 241
§ 115. Подсчет объема работ при строительстве и капитальном ремонте путей 246
§ 116. Подсчет потребности в рабочей силе 248
§ 117. Подсчет потребности в материалах, транспорте, инструментах и путевых машинах 250
§ 118. Разбивка пути в плане и профиле 251
§ 119. Работы, связанные с постройкой линии 252
§ 120. Организация и производство земляных работ 253
§ 121. Организация и производство работ при устройстве нижнего строения трамвайных путей 270
§ 122. Организация и производство работ при устройстве верхнего строения пути на прямых участках 279
§ 123. Производство термитной сварки 282
§ 124. Резка рельсов и сверление отверстий в них 289
§ 125. Приварка электрических соединений 292
§ 126. Устройство пути на кривых участках 293
§ 127. Предварительное изгибание рельсов для кривых 295
§ 128. Устройство пути в узлах 296
§ 129. Организация и производство работ при отделке пути 302
§ 130. Организация и производство работ при устройстве верхнего покрытия 308
§ 131. Устройство водоотводных сооружений 310
§ 132. Скоростные способы работ 311
§ 133. Ручные путевые инструменты, применяемые при строительстве и ремонте пути 312
§ 134. Организация восстановительных работ 315
§ 135. Устройство временных трамвайных путей 319
§ 136. Приемка работ при строительстве и капитальном ремонте трамвайных путей 326

Глава IX. **Эксплоатация трамвайных путей** 330

§ 137. Виды и характеристика путевых работ 330
§ 138. Организация планово-предупредительного ремонта пути 334
§ 139. Основные принципы текущего содержания пути 342
§ 140. Задачи текущего содержания пути 343
§ 141. Причины расстройства пути 344

§ 142. Признаки расстройства пути . . . . . .
§ 143. Осмотр и проверка пути . . . . . .
§ 144. Организация текущего содержания пути . . . . . .
§ 145. Предупреждение появления неисправностей пути и преждевременного износа отдельных элементов и продление срока их службы .
146. Нормы допусков при содержании пути . . . . . .
§ 147. Организация текущего ремонта пути . . . . . .
§ 148. Паспортизация путевого хозяйства . . . . . .
§ 149. Летняя и зимняя очистки путей . . . . . .
§ 150. Смазка кривых и специальных частей . . . . . .
§ 151. Посыпка пути песком на уклонах . . . . . .
§ 152. Волнообразный износ рельсов и борьба с ним . . . .

Литература . . . . . .

12. Карасе
1936 г.
13. «Коммуна
14. Крачко
Трансже
15. Кропот
трансзда
16. Куренк
ОНТИ, 1
17. Кюпер
18. «L'Indust
19. Митюш
20. Петров
21. «Путеец»
22. Сергее
Трансже
23. Сосяни
издат, 19
24. Сосяни
Изд. НК
25. Сосяни
ров Н.
НККХ,
26. Страм
27. Тер-М
Изд. НК
28. Трамвай
29. Трамвай
30. «Трансп
31. Труды В
32. Труды В
33. Труды
34. Техничес
35. Техничес
36. Техничес
37. Правила
38. «The T
39. Черня
40. Чистя
1929 г.
41. Шеста
1932 г.
42. Щуки
Америк
43. Elektro-

Опечатки

Страница	Строка	Напечатано	Следует читать	По чьей вине
20	11 сверху	перевод	переход	редакт.
40	3 снизу	455×1,5×683	455×1,5 = 683	типогр.
143	2 сверху	накладкой	подкладкой	автор
155	7 сверху	трех	двух	типогр.
155	8 сверху	двух	трех	»
307	25 сверху	разбивки	подбивки	»
364	19 снизу	осевой	осевшей	»

Ев. Овечников. 3797.

§ 142. Признаки расстройства пути . . . . . .
§ 143. Осмотр и проверка пути . . . . . .
§ 144. Организация текущего содержания пути . . . . . .
§ 145. Предупреждение появления неисправностей пути и преждевремен
ного износа отдельных элементов и продление срока их службы .
146. Нормы допусков при содержании пути . . . . . .
§ 147. Организация текущего ремонта пути . . . . . .
§ 148. Паспортизация путевого хозяйства . . . . . .
§ 149. Летняя и зимняя очистки путей . . . . . .
§ 150. Смазка кривых и специальных частей . . . . . .
§ 151. Посыпка пути песком на уклонах . . . . . .
§ 152. Волнообразный износ рельсов и борьба с ним . . . . . .

Литература . . . . . .